MICROELECTRONICA

Las computadoras y las nuevas tecnologías

S.GERGELY

Las visiones de George Orwell podrían convertirse hoy, más de 30 años después de la publicación de su novela futurista 1984, en una realidad implacable. En casi todos los ámbitos de la vida puede observarse la influencia de la microelectrónica: desde la lavadora automática hasta la tomografía computarizada para el diagnóstico precoz del cáncer, pasando por las fábricas automatizadas, los satélites "asesinos", las bibliotecas electrónicas, etc.

Stefan M. Gergely, nacido en Viena en 1950, asesor de la Cámara Federal de Comercio, colaborador en proyectos de investigación sobre bancos de datos y nuevos sistemas de información del Ministerio Federal Austríaco de Ciencia e Investigación y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, ha escrito un libro, con ocasión de la proclamación por las Naciones Unidas del año internacional de las comunicaciones, de fácil comprensión en torno a la actual discusión sobre la introducción de nuevos medios y los peligros de supresión de la fuerza de trabajo humana por medio de ordenadores y robots.

En el libro Microelectrónica el autor nos informa, de manera pormenorizada, sobre las bases de las técnicas de ordenadores, de la información y de las comunicaciones, así como sobre las múltiples posibilidades de aplicación de la electrónica.

6

MICROELECTRONICA - S. Gergely

SALVAT

S. GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

MICRO-
ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

S. GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

Las computadoras y las nuevas tecnologías

SALVAT

Versión española de la obra original alemana *Mikroelektronik*
de Stefan M. Gergely y publicada por R. Riper & Co. Verlag de Munich

Traducción: M.ª J. Ibarz; M. Lahoz; J.L. Sánchez; DIORKI traductores

Gráficos de Burghart Bartl
Caricaturas de Alfred Moser

ISBN 3-492-02850-0 Versión original
ISBN 84-345-8246-5 Obra completa
ISBN 84-345-8371-2
Depósito legal NA-1122-1985
Publicado por Salvat Editores, S.A. - Mallorca, 41-49 - Barcelona
Impreso por Gráficas Estella. Estella (Navarra)
Printed in Spain

Índice de capítulos

Introducción . . . . **IX**

1. Principios técnicos **1**

1. De qué se trata 1
2. Funcionamiento de los ordenadores 4
3. La estructura de un ordenador 9
4. *Input* y *output* 16
5. Almacenamiento de datos 23
6. La unidad central 28
7. *Software*. Un resumen 30
8. Historia sobre la técnica de los ordenadores 41
9. Desde la computadora de alta potencia al ordenador personal 44
10. ¿Qué se esconde bajo el término “semiconductor”? 49
11. Los transistores son cada vez más pequeños 56
12. El ordenador es un chip 62
13. Los ordenadores del futuro 65
14. Una red informativa a nivel mundial 78
15. La telegrafía 82
16. El teléfono en competencia con el telégrafo 85
17. Del gramófono al disco láser 89
18. Música en el éter 92
19. La televisión 97
20. Satélites, óptica de fibra de vidrio y láser 103
21. En camino hacia las redes integradas 107

2. La microelectrónica y sus aplicaciones **115**

1. Bancos de datos: una respuesta a la avalancha de información 115
2. Nuevos medios de comunicación 124
3. Satélites 141

4. La microelectrónica en el hogar, el ocio y la enseñanza.... 153
5. La oficina automatizada.............................. 162
6. La microelectrónica en las transacciones............... 168
7. Robots y fábricas automatizadas........................ 171
8. Gráficos por ordenador................................. 178
9. La microelectrónica en la ciencia y en el arte............ 182
10. Los chips en la carrera de armamentos de las superpotencias.. 191

3. Microelectrónica y sociedad......................... **197**

1. Microelectrónica y paro................................ 197
2. Microelectrónica y economía............................ 213
3. Factores inhibitorios.................................. 223
4. La microelectrónica y el tercer mundo.................. 230
5. ¿Está llamando a la puerta "1984"?..................... 237
6. Bancos de datos e intimidad............................ 246
7. La avalancha de información, ¿es una nueva forma de contaminación ambiental?................................ 259
8. La crisis educativa.................................... 265

El fin del mundo o el paso a una nueva era: un epílogo en forma de preguntas.................................. **273**

Ordenadores, robots y nuevos medios conquistan el mundo

Hasta tal punto hemos hecho avanzar la ciencia y la técnica, que nuestra propia existencia, tanto individual como colectiva, llega a cuestionarse en numerosos aspectos. A partir del conocimiento de la fisión nuclear hemos creado un arsenal de armamento atómico que hace depender la supervivencia de la humanidad de un simple "pulsar un botón" (algo que puede ser provocado como consecuencia de un error de ordenador o computadora). La técnica genética y la psicomedicina nos permiten influir de forma radical sobre la herencia como algo físico y sobre nuestro sistema nervioso central como sustrato psíquico de la existencia humana. Los "hijos" de la microelectrónica retan al hombre en su conciencia de coronación de la creación: los jugadores de ajedrez electrónicos ganan a los campeones de este juego; las máquinas dirigidas por microprocesador superan la capacidad adquirida durante años por los especialistas; robots inteligentes comienzan a eclipsar capacidad mental: la técnica adquiere una nueva dimensión. Las herramientas del hombre son un desafío a la creencia en la superioridad del hombre, y como consecuencia, quizá su dictador anónimo. Las visiones de artistas contemporáneos, así como los collages por ordenador o computadora de directores de cine modernos nos presentan ya una lucha del hombre contra prepotentes seres de apariencia mecánica, muchas veces personificados en forma de mensajeros de lejanas galaxias. El aprendiz de brujo de Goethe es hoy más actual que nunca.

Técnica atómica, manipulación genética y microelectrónica, ¿un trío infernal?

Somos conscientes de las posibles consecuencias del armamento nuclear, aunque no nos detengamos a reflexionar sobre ello. Puede

sobrevenir el fin de la humanidad, pero éste –aún incierto– está envuelto en las sombras del futuro. Mientras tanto, la revolución de la microelectrónica es ya un hecho, aquí y ahora. La herencia se modifica de forma planificada, las emociones se reprimen químicamente. En definitiva, los chips, pilares de la microelectrónica, conquistan paso a paso todos los ámbitos de la existencia humana. A veces percibimos su llegada, pero otras muchas su presencia nos queda oculta.

Los chips invaden la civilización humana de forma similar a un virus que ataca nuestro organismo millones de veces. Considerándolo desde este punto de vista, la humanidad está actualmente bajo los efectos de la fiebre del chip. De la misma manera que nuestro sistema inmunológico detecta un virus como agente patógeno para controlarlo, sería conveniente que fuésemos conscientes de los efectos y consecuencias de un chip. Este libro está escrito con la convicción de que, solamente reconociendo la importancia de la técnica de la microelectrónica y valorando críticamente sus posibles consecuencias, estaremos en condiciones de aprovechar las ventajas de la informática para nuestra sociedad, pero también siendo conscientes de los peligros que entraña y pudiéndolos combatir.

Que frente a la dinámica de los avances técnicos esto último tenga alguna probabilidad de éxito es, en nuestra opinión, más bien dudoso. No obstante, debemos aceptar el reto de la microelectrónica. Sería comparable con los efectos de una droga el que nos dejáramos seducir por las palabras tranquilizadoras de más de un tecnócrata, cuando aseveran que la microelectrónica nos proporcionará una apacible sociedad del ocio. Es obvio que no surge espontáneamente una existencia "Homuter" en la que el *Homo sapiens* y el ordenador, mano a mano, formen una utopía técnica.

Lo de "es obvio" es anterior a *1984*.

Muchos opinan, que el Gran Hermano de George Orwell está ya presente por doquier. Otros lo consideran una quimera. Este libro debe proporcionar al lector la posibilidad de formarse un juicio, en base a factores comprobables, sobre éstas y otras cuestiones, en cierto modo como réplica a las obras de algunos autodenominados profetas de ordenadores que intentan difundir sus propias convicciones como la única verdad salvadora.

Este libro consta de cinco partes: como continuación a la introducción, que lleva como título "Ordenadores, robots y nuevos medios conquistan el mundo", encontramos una guía a través de la microelectrónica, en donde, entre otras cosas, se explica el funcionamiento de transistores, microprocesadores y ordenadores; el significado de los términos *Hardware* y *Software* y mediante qué mecanismos funcionan el telégrafo, el teléfono, la radio, la televisión, las nuevas redes de datos y los satélites. Hay un capítulo dedicado a los ordenadores del futuro.

La segunda parte describe las múltiples aplicaciones de la microelectrónica, desde el chip en el programa de la lavadora hasta el cohete dirigido por ordenador; desde dosiers legibles a través de máquinas (OCR) hasta la diversidad de los nuevos medios. Está redactado de tal forma, que cada uno de los capítulos se puede asimilar fácilmente incluso sin conocimiento del apartado técnico. A quien ha sabido asimilar el *Know-how* le será más fácil comprender cómo y, sobre todo, por qué hoy son posibles muchas cosas que antes se consideraban imposibles.

Por último se exponen las consecuencias que la aplicación de la microelectrónica tendrá tanto para el individuo como para la sociedad. Se trata de ver hasta qué punto los ordenadores y los robots son responsables del desempleo, hasta qué punto la técnica moderna de la información provoca el desarrollo de una sociedad totalmente controlada, qué consecuencias tiene para la convivencia humana la introducción de los nuevos medios, pero también qué factores podrían frenar la difusión de la técnica microelectrónica. Los resultados de numerosos estudios e informes de expertos han aportado argumentos a favor y en contra de las múltiples tesis que actualmente se discuten en torno a los temas mencionados. La microelectrónica se presenta también como un factor económico. La técnica de la información y los ordenadores son los sectores de producción que actualmente más se han expansionado. No sólo modifican las relaciones de poder entre los países –pensemos, por ejemplo, en la carrera competitiva entre Estados Unidos, Japón y Europa occidental en productos de electrónica de consumo–, también la estructura y la importancia de muchas empresas están sometidas a cambio.

La lucha entre el gigante de los ordenadores IBM y la compañía telefónica americana ATT por los mercados de chips del futuro es lo bastante tensa como para justificar una mención a la misma.

La parte final la constituye un epílogo en el que se ha tratado de caracterizar y mostrar, desde nuestro punto de vista personal, los problemas planteados por la técnica moderna, considerando que lo más importante sería buscarles solución.

Los chips invaden la sociedad. Aplicaciones y consecuencias

Centrémonos en la cuestión de cómo los ordenadores, robots y nuevos medios influyen sobre las personas. El desarrollo parece efectuarse en tres planos: El primero es el escenario de la introducción de los semiconductores, elementos de construcción en casi todos los productos de uso cotidiano. En el segundo plano se libra la lucha por el poder entre diversos grupos de empresas. En este punto los chips presentan efectos a distancia respecto a la convivencia humana. Se trata, por ejemplo, de las relaciones de poder entre el individuo y el Estado. En el tercer plano, finalmente, tiene lugar un conflicto entre hombre y microelectrónica, en donde el tema central es la extraordinaria capacidad humana.

Comencemos con las aplicaciones de la microelectrónica. Se abren nuevos mercados; los viejos se estancan o desaparecen; surgen nuevas prestaciones de servicio. De forma compleja y casi inadvertida, todo el entramado de la economía, así como nuestra sociedad, se ve sometido a un profundo cambio de estructuras. Esta evolución está teniendo lugar desde hace dos décadas. La fe en lo factible y la confianza en los avances técnicos siguen siendo inquebrantables para muchos en este terreno. Sólo en los últimos años se hace patente la inseguridad. Debido a que en la industria del automóvil los robots sustituyen cada vez más el trabajo del hombre, se genera desempleo, con las correspondientes consecuencias sociales. Debido a que casi todos los escolares tienen una calculadora de bolsillo, los jóvenes comienzan a preguntarse por qué deben aprender durante horas a extraer una raíz cuadrada, cuando una máquina lo hace mucho mejor. Se ponen en entredicho los métodos pedagógicos tradicionales; una crisis conceptual atenaza a la juventud. Debido a que la televisión nos ofrece nuevos servicios, como el teletexto y el videotexto, la utilización de este medio de comunicación variará según frecuencia y finalidad. Actualmente es indiscutible que la televisión tiene efectos sociales. De ahí que apenas quepa dudar de que los nuevos medios están llamados a modificar nuestra sociedad.

Para poder comprender de modo más diferenciado las repercusiones de la microelectrónica en el primer plano mencionado, consideremos más de cerca, desde un punto de vista histórico, qué es la microelectrónica y qué posibilidades de aplicación nos ofrece. Sus orígenes están en el invento del transistor y en el desarrollo de calculadoras digitales programadas y con memoria a finales de los años cuarenta.

Al principio, ni la prensa especializada ni la mayoría de los ingenieros electrónicos concedieron gran importancia al descubrimiento del transistor. Fue a mediados de los años cincuenta cuando el nuevo transistor sobre cuerpo sólido alcanzó el éxito comercial. Se inició un impetuoso desarrollo, que hasta hoy no ha perdido nada de su impulso. Especialmente en Estados Unidos, científicos con ideas empresariales se pasaron entonces al sector económico, fundando empresas que todavía en los años sesenta y setenta habrían de proporcionar novedades decisivas en la técnica de la microelectrónica (y que desbancaron a fabricantes ya establecidos de elementos electrónicos de construcción). Al mismo tiempo se pusieron los fundamentos de la supremacía de Estados Unidos en el campo de los ordenadores y de la técnica de información, a pesar del evidente reto que todavía hoy sigue representando la industria japonesa.

El primer paso fue el descubrimiento de circuitos impresos sobre la base de semiconductores, que eran más pequeños y rápidos que los tubos de electrones y que los elementos de conexión electromecánicos. Pronto comenzaron los técnicos a fabricar piezas electrónicas cada vez más pequeñas formadas por silicio. La iniciativa de esta miniaturización no fue de la industria de los ordenadores. Fueron más bien los programas militares de cohetes y satélites y la administración para asuntos espaciales de los Estados Unidos quienes dieron el impulso a la técnica de los semiconductores. Los militares estaban dispuestos a pagar lo que fuera preciso por estos desarrollos, incluso para iniciar la realización de nuevos proyectos de construcción, de los que en principio nadie pensaba que pudieran tener un valor comercial ni que, en una escala más amplia, tuvieran aceptación para el uso civil. Considerada desde este punto de vista, la microelectrónica es, igual que la técnica atómica, una creación de la industria de armamentos.

Los logros conseguidos son considerables. Los circuitos de conexión microscópicos de un chip –un pedazo de silicio de algunos milímetros de diámetro– dan hoy día tanto rendimiento como hace veinte años una máquina de calcular que ocupaba toda una habitación.

Por 350 dólares se puede adquirir hoy la misma capacidad de cálculo de las instalaciones de la primera generación de ordenadores, que valían 16 millones de dólares y pesaban 30 toneladas.

El efecto revolucionario de la nueva tecnología se basa en la miniaturización: los chips son baratos por ser pequeños. Debido a esto último, se conectan rápidamente, permitiendo su tamaño ser mon-

tados allí donde anteriormente los ordenadores no hubieran tenido cabida: relojes de pulsera, marcapasos y cohetes.

¿Qué significa este desarrollo para la economía? Hace ya un cuarto de siglo, investigadores con perspectivas de futuro y conocedores de las posibilidades de la técnica de microelectrónica predijeron que en el futuro dominarían las "industrias científicas". Perderían importancia los factores de producción tradicionales como el suelo, el trabajo, la materia prima y el capital. Efectivamente, hoy, más que nunca, la información significa riqueza, y el acceso a ella, poder; estamos en los umbrales de la era de la información, donde el conocimiento se transforma en el factor económico clave. Tratemos de pasar revista a todos los ámbitos en los que los chips ya están siendo aplicados: máquinas de calcular electrónicas, aparatos electrodomésticos de todo tipo, sistemas de banco de datos, herramientas dirigidas por ordenador, instalaciones de mando industriales, tomografía computarizada, sistemas de tratamiento de texto, calculadoras electrónicas en todos los sectores de la economía y la ciencia, nuevos medios, modelos didácticos automatizados; esta lista puede alargarse cuanto se desee. Muchas aplicaciones de la microelectrónica incluyen también otras novedades técnicas, como la de los satélites, la de los rayos láser y la de fibra óptica. Su utilidad aumenta la gama de posibles aplicaciones.

Una consecuencia económicamente importante de estas innovaciones tecnológicas, es su influencia sobre la división de trabajo internacional. Durante la primera revolución industrial, la consecuencia de la introducción de máquinas hiladoras y telares accionados por vapor fue que la industria textil artesanal de los países asiáticos ya no resultara competitiva en los mercados mundiales. El procedimiento HABER para la producción de abonos químicos causó la ruina de la industria salitrera chilena. Actualmente, el reloj digital microelectrónico japonés está siendo motivo de preocupación para los sectores industriales homólogos de la República Federal Alemana y de Suiza. La electrónica de consumo japonesa invade nuestros mercados y amenaza miles de puestos de trabajo en la industria europea.

La construcción de redes digitales de datos revoluciona la totalidad del sistema de comunicaciones. Actualmente hay ya tendidos 20.000 km de cable de fibra óptica; para la correspondiente inversión en un futuro se han previsto, sólo en la República Federal Alemana, más de 20.000 millones de marcos. A nivel mundial, existen actualmente 500 millones de teléfonos (un aumento del 1.000 %

desde 1945). Los 440.000 millones de llamadas telefónicas anuales reportan la cifra de 65.000 millones de dólares, a la vez que facilitan considerables recursos para nuevas inversiones. Cada año se fabrican 80 millones de calculadoras de bolsillo. Sólo en Estados Unidos, hay actualmente 4 millones de ordenadores personales en funcionamiento. Actualmente, se pueden adquirir en los grandes almacenes. El importe de la mayoría de ellos es menor que el de un equipo de alta fidelidad. Más del 10 % de los ingresos de la industria del juguete se obtiene con la venta de juegos electrónicos. En los últimos cinco años, en la República Federal Alemana se puso a disposición del público un cuarto de millón de juegos de ajedrez computarizados. Muchos de ellos están tan bien programados, que pueden compararse e incluso superar al adversario más eficaz. No sólo los niños juegan gracias a los chips. Debido a la carrera de armamentos entre las superpotencias, la introducción de la microelectrónica en la organización militar alcanza importancia política a nivel mundial. Consideremos tan sólo un aspecto: los sistemas de comunicación militares. Los Estados Unidos han creado, con la ayuda de la microelectrónica, un enorme sistema de vigilancia y recopilación de información en tierra, mar, aire y en el espacio. Sólo en este sistema de comunicación, anualmente invierten 650 millones de dólares dando empleo a 90.000 personas. El Ministerio de Defensa estadounidense invierte anualmente más de 3.000 millones de dólares en *Software*, que es el encargado de transmitir la orden al ordenador para que éste haga lo que se le dice.

También los robots son producto de la microelectrónica. Actualmente existen varias decenas de miles de auténticos robots, cuyas funciones son dirigidas electrónicamente y que pueden realizar el trabajo de cualquier especialista. La mitad de ellos están en Japón y una cuarta parte en Estados Unidos. La capacidad de los robots industriales es aún limitada, pues muchos adolecen todavía de las llamadas "enfermedades infantiles". Incluso la industria del automóvil, pionera en la aplicación de los robots, aún no ha automatizado la totalidad de las fases de fabricación. El incremento de la aplicación de robots es tan considerable que, en pocos años, estos nuevos esclavos industriales estarán funcionando en todos los sectores de la producción.

El desarrollo de los robots ha puesto en guardia a los sindicatos, por ser aquéllos instalados sobre todo con miras a la reducción de la mano de obra. Lo único positivo es que, en general, se emplean en trabajos en cadena u otros trabajos perjudiciales para la salud.

Por este motivo, los sindicatos japoneses siguen apoyando el ambicioso programa de automatización del gobierno japonés; a pesar de la reducción del número de puestos de trabajo en la industria que ello supondrá. Nadie puede predecir en qué sectores encontrarán ocupación los trabajadores que hayan perdido su trabajo como consecuencia de la aplicación de la técnica de los ordenadores. Según los expertos, la reducción general de la jornada laboral no solucionará los problemas del mercado de trabajo, pues el paro debido a la automatización plantea problemas estructurales o dificultades dentro de un determinado sector industrial. Un trabajador de una cadena de montaje no puede ser instruido de la noche a la mañana para que realice el trabajo desarrollado por un funcionario o de un camarero.

Otra aplicación de la microelectrónica afecta al sistema de información. Existen ya en todo el mundo miles de almacenes electrónicos de información. Los bancos de datos tienen almacenados en síntesis hasta 5 millones de publicaciones, que pueden ser reclamadas en pocos segundos mediante un sistema de búsqueda formalizado. Nuevos medios, como el teletexto, facilitarán al simple ciudadano, en un futuro no muy lejano, el acceso a estos almacenes electrónicos de datos. Por consiguiente, la información será un considerable factor económico (el valor comercial de todas las informaciones almacenadas se estimó en 1982 en aproximadamente 45.000 millones de dólares).

Estos cerebros electrónicos son también de gran interés por otro motivo: el de ser el único medio capaz de dominar el explosivo crecimiento del saber creado por el hombre. Cada año se publican en el mundo 600.000 libros nuevos, 20 millones de artículos e innumerables informes, folletos, etc. No es de extrañar que, si se considera esta incontrolada producción de datos, surja la nueva inseguridad respecto a qué información tiene importancia y cuál no. Por esto, muchos se preguntan qué se podría hacer para estar preparados para entrar en la era de la información. La pregunta va dirigida a los sectores de formación y perfeccionamiento. Considerando los programas de enseñanza en colegios y universidades, podríamos comprobar que los estudiantes no están preparados para dominar esta avalancha de información. Klaus Haefner, profesor de la enseñanza con ordenadores de la universidad de Bremen, explica esta situación de la siguiente manera: «El cuerpo docente descuida proporcionar con adecuación a la población el acceso a la técnica de la información, como tecnología básica del futuro. La influencia de los medios técnicos va en aumento.» Mientras que la economía, la administración y la industria se ocupan desde años, e incluso aplican en gran parte, las posibilidades que ofrece el uso de la técnica de la información y la comunicación, el profesorado no se ha puesto al corriente sobre la práctica de la información. Prácticamente ningún estudiante de bachillerato tiene hoy una idea clara de lo que es la informática. Incluso en los cursos de formación profesional, la nueva concepción tampoco ha calado muy hondo. Haefner califica a los alumnos de los centros docentes tradicionales de analfabetos en relación con los conocimientos básicos de tratamiento técnico de la información. Según Haefner, la relación de los escolares y estudiantes frente a la técnica de la información corresponde a la relación analfabeto-libro de hace 300 años. De la misma forma que éste sabía que existían libros que estaban reservados exclusivamente para clérigos, militares, eruditos y gobernantes, pero que para él resultaban inalcanzables, así se halla actualmente, respecto a la técnica de la información, el ciudadano medio de las naciones industrializadas: impresionado, interesado, preocupado, pero en definitiva ignorante.

A todo esto se suma la doble crisis producida por el desplazamiento del tratamiento de la información del cerebro humano a sistemas técnicos: 1) la crisis del escolar, que se siente inseguro sin saber qué es lo que debe aprender; 2) la crisis de la formación profesional, que debería introducir nuevas finalidades, pero que no lo hace.

La inundación de la información tiene además otros efectos: conduce a una nueva forma de contaminación del medio ambiente. Hay instalaciones para la elaboración de energía (p. ej., refinerías) y máquinas que, merced a la energía, pueden realizar un trabajo (p. ej., los automóviles) que nos proporciona múltiples comodidades, aunque contamina nuestro medio ambiente, y empieza a causar serios desequilibrios ecológicos en la naturaleza. De la misma manera, la nueva industria de la información nos proporciona también múltiples comodidades, al precio de inundar de forma incontrolada nuestra mente con noticias que muchas veces no somos capaces de juzgar si son importantes o no para nosotros. Según Karl Steinbuch (especialista en ordenadores y profesor de la Universidad de Karlsruhe), sólo la televisión suministra al ciudadano más información de la que puede asimilar. El excedente no asimilado desaparece inexplicablemente en el subconsciente: «Aquí las informaciones luchan por un puesto, no pudiendo prevalecer las importantes sobre las sensacionalistas.»

Distribución del poder de la información

Todo esto señala consecuencias técnicas en el sector que anteriormente hemos denominado como primer plano. Pero el conflicto también se presenta en un segundo plano: aquí se trata de las relaciones de poder entre los diversos grupos de empresas. George Orwell presenta en su novela futurista *1984* un cuadro sobre una sociedad totalmente controlada por unos pocos sabios. Cuando Orwell, después de la Segunda Guerra Mundial, escribió *Utopía en forma de novela*, pensó en poner fin a las ideas totalitarias que, según creía, se habían fijado en las cabezas de los intelectuales.

La realidad ha superado ampliamente la técnica de la observación que Orwell describió. Aunque el Gran Hermano de entonces no pueda todavía estar presente por doquier, siempre es posible que llegue a estarlo. El tratamiento electrónico de datos es un potente motor para la burocratización de nuestra sociedad y significa un aumento de poder para el Estado. Klaus Lenk, profesor de ciencias de la administración de la Universidad de Oldenburg, considera inevitable esta tendencia. Si la administración burocrática se ocupara especialmente de cuestiones de economía y de seguridad social, extendería su campo de acción a todos los aspectos de la vida social, gracias a recursos técnico-informativos. Lenk dice: «El resultado final sería una administración perfecta, que controlaría y estructuraría totalmente el comportamiento humano.»

George Orwell nos presentó de forma drástica hacia dónde nos podía llevar la mala utilización de la técnica de la información. Hay que esperar que jamás se llegue a un país con control total. Ese futuro depende del comportamiento de cada ciudadano.

Resulta casi inevitable una evolución que conduzca a una separación de la humanidad en dos campos: los sabios, que, como nuevos alquimistas, destilarían, de lenguajes programados, mágicas doctrinas secretas; y los ignorantes, que adorarían a los miembros de la nueva elite como dioses digitales. Ahí queda el hecho de si se llegará a realizar la profecía de Nietzsche sobre el ascenso del superhombre, o la visión de Soloviev del Anticristo. A pesar de las posibilidades que se nos ofrecen para aprender, nosotros, y más aún nuestros hijos, corremos el peligro de caer en una nueva Edad Media, en la que se utilizarían los ordenadores, pero no se entenderían; en la que, a nivel de economía y Estado, en los puestos de mando del poder se tomarían decisiones a puerta cerrada, de las que el infeliz mortal sabría tan poco como el siervo de la Edad Media sobre los acuerdos tomados por sus soberanos; en la que, en virtud de su saber, las castas dominantes manipulaban a su antojo al pueblo atemorizado, resultado de la ignorancia.

Inteligencia humana y artificial

El término *miedo* nos lleva a ese tercer plano que mencionábamos referente al conflicto entre hombre y microelectrónica, cuyo tema central es la originalidad de la capacidad humana. No son pocos los que ante la "inteligencia artificial" empiezan a reflexionar sobre la creencia de que el cerebro humano es algo especial. «Los programas de ordenadores, que demuestran conclusiones matemáticas o que captan modelos, indican que poseen inteligencia. Cada vez se reduce más la breve lista de los atributos de la originalidad humana. Quien mejor demuestra estos temores es la literatura contemporánea al presentar en sus visiones futuristas a inteligentes ordenadores y robots compitiendo con el hombre e incluso sustituyéndole.»

Son numerosas las posibilidades de comparar al hombre y la máquina en relación a la capacidad de memoria, la rapidez en el tratamiento de la información, la captación de modelos, la capacidad de asociación, la inteligencia, etc. Son muchos los que opinan que los ordenadores están limitados a un nivel inferior en el tratamiento de información, mientras que cualquier otro instrumento obedece ciegamente las instrucciones del hombre. Los fundamentos para esta tesis se apoyan en argumentos tales como "otras cosas no son imaginables" o "los ordenadores actuales demuestran lo limitados que llegan a ser". A esto replica Karl Steinbuch: «Cuidado con formular aquí nuevos postulados sobre las imposibilidades, basándose en opiniones intuitivas o prejuicios ideológicos.» Al fin y al cabo, en la historia de la técnica se encontrarían infinidad de postulados sobre cosas imposibles, que la realidad ha superado: por ejemplo, el caso de las materias orgánicas, las cuales no se creía que pudieran ser obtenidas de materias inorgánicas, o la afirmación de que sería imposible llegar a volar con aparatos más pesados que el aire, o la opinión, defendida por científicos, de que la fuerza de la gravedad de la Tierra no podría ser superada por el hombre. Si todos estos dogmas han podido ser rebatidos, ¿por qué entonces no podría existir la posibilidad de que los ordenadores rebasaran los límites de capacidad puestos en duda? Si estos ordenadores no estuvieran rígi-

damente programados, sino en comunicación directa con el medio ambiente, podrían mejorar su capacidad para solucionar los problemas. Algunos científicos en materia de ordenadores opinan que, efectivamente, la capacidad de estos autómatas, debido a sus componentes y su estructura, es limitada, pero que no habría motivo alguno para que se mantuvieran limitados respecto al nivel intelectual del hombre. El conflicto de la competencia entre máquinas y hombre es resultado de una concepción materialista del mundo. El que sólo reconoce lo mensurable y ponderable, reduce el conocimiento humano a moléculas químicas y señales eléctricas. Si es así como se describe al hombre, un día el ordenador será superior a nosotros.

Ante tales perspectivas, el profesor de Harvard Joseph Weizenbaum argumenta: «Existen determinadas funciones, cuya solución el ordenador no debería dar, dejando a un lado la cuestión de si se le podría hacer intervenir en la solución.»

Igual que cuando surgió la polémica con Copérnico referente a su teoría de la Tierra como centro del Universo la Iglesia católica tuvo finalmente que ceder, en un futuro no muy lejano podría ocurrir que se destruyera la convicción de los occidentales ilustrados de cuño mecanicista sobre la capacidad del conocimiento humano como algo exclusivo. Naturalmente, aún existen fenómenos como la creatividad y no en último lugar los sentimientos, así como la conciencia del propio yo. A pesar de todo –con razón o sin ella–, la inseguridad se propaga. A la crisis mental del ciudadano de países industrializados se une una nueva crisis de identidad. Sería de admirar que hubiera personas que anhelaran volver a una vida sencilla, a una existencia que les hiciera experimentar la sensación de seguridad; que los fabricantes de juegos electrónicos vendieran bien un simple mecanismo de evasión, el cual permitiera al individuo, mediante una moneda, evadirse a un mundo de sueños, donde los sucesos se pudieran controlar con la ayuda de una palanca de mando; que un determinado tipo de máquina intentara poner término al desarrollo de sistemas técnicos.

Hacia una nueva determinación de la localización

En mi opinión, todos estos intentos soslayan los problemas que el hombre debería solucionar en el camino hacia una sociedad de la información. No se trata de si debemos impedir el desarrollo técnico, ni tampoco de si necesitamos más o menos técnica. Lo que sí hace falta es buscar una nueva concepción del hombre en un mundo que, más que nunca, entendemos como unidad. Debemos procurar solucionar los problemas planteados en el sentido de una conciencia responsable. La localización del hombre en la sociedad de la información se vertebra en tres aspectos: en relación con la naturaleza, con la técnica y con el propio individuo. En cuanto a la problemática ecológica de nuestro planeta, la microelectrónica ofrece múltiples posibilidades de prevenir las influencias perjudiciales sobre el medio ambiente y reducir la contaminación. La técnica de la microelectrónica puede contribuir en gran parte a ahorrar energía y materia prima y, por tanto, reducir los vertidos de materiales nocivos. Desde este punto de vista, la aplicación de los microprocesadores puede considerarse ilimitada, lo cual no debe hacernos olvidar que debemos ser conscientes –mucho más que nunca– de la responsabilidad de mantener el equilibrio ecológico en el mundo, condición indispensable para un futuro digno.

También habría que reflexionar sobre nuestra relación con la técnica. Por más atractiva que parezca para muchos la posibilidad de los ordenadores, robots y nuevos medios, debemos aprender a entender y a aplicar la técnica moderna según su finalidad. La técnica es una herramienta del hombre, y no viceversa. Jamás deberemos abrigar la esperanza de querer solucionar los problemas humanos mediante ordenadores. Las dificultades de comunicación entre los individuos no se podrán superar ni a través de la televisión vía satélite ni a través de videotexto.

El ordenador, ¿un mito?

A pesar de la creciente tecnificación de nuestro medio, hay que tener en cuenta que el hombre importa mucho más que el conflicto entre los ordenadores. Parece como si hubiéramos olvidado este hecho tan simple. Parece que lo primero que debemos aprender es a superar el efecto hipnótico que se deriva de los ordenadores, robots y nuevos medios (los psiquíatras hablan en casos extremos de manía del televisor o del ordenador). A esto cabe añadir el hecho de que muchas veces se personifican el ordenador y el robot. Joseph Weizenbaum explica este fenómeno basándose en sus experiencias con el programa de ordenador ELIZA: lo proyectó a principios de los años sesenta para facilitar un "diálogo" con el ordenador. El in-

terlocutor humano mecanografiaba su parte de la conversación en una máquina de escribir conectada al ordenador; el ordenador, bajo el control del programa, analizaba el mensaje y componía una respuesta, que a la vez se imprimía. Weizenbaum eligió para su programa el nombre de ELIZA, porque, igual que a la Eliza de la leyenda de Pigmalión, se le podía inducir a hablar cada vez mejor. El programa se componía de un analizador del lenguaje y un guión, es decir, una serie de normas más o menos correspondientes a aquellas a que debe atenerse un actor cuando tiene que improvisar un tema determinado. El guion permitía la recepción de un diálogo sobre un tema concreto. Un famoso guión permitió a Eliza desempeñar el papel de un psicoanalista dirigido a "Roger". Esto es relativamente fácil de imitar debido a su forma de funcionamiento: se hace hablar al paciente, reproduciendo sus expresiones de forma similar a un eco. Por ejemplo, de la siguiente manera:

Paciente: Los hombres son todos iguales.
Ordenador: ¿De qué forma?
P.: Siempre nos atosigan con algo.
O.: ¿Puede usted poner un ejemplo?
P.: Bueno, sí, la idea de esta conversación salió de un amigo mío.
O.: ¿La idea de esta conversación procede de su amigo?
P.: Él dice que muchas veces estoy deprimido.
O.: Lamento mucho oír que usted está deprimido.
P.: Es cierto, estoy triste.
O.: ¿Cree usted que esta conversación le ayudará ya a no estar triste?
P.: De todas formas, necesito ayuda, eso está claro.
O.: ¿Qué significaría para usted recibir ayuda?
P.: A lo mejor podría aprender a entenderme mejor con mi madre.
O.: Hábleme más de su familia.
P.: Mi madre lo hace todo por mí.
O.: ¿Quién más de su familia resuelve sus problemas?
P.: Mi padre.
O.: ¿Su padre?
P.: Usted es un poco como mi padre.
O.: ¿Qué semejanza encuentra usted?
P.: Usted no es especialmente agresivo.
O.: ¿Qué es lo que le hace sospechar que no soy muy agresivo?
P.: Usted no discute conmigo.

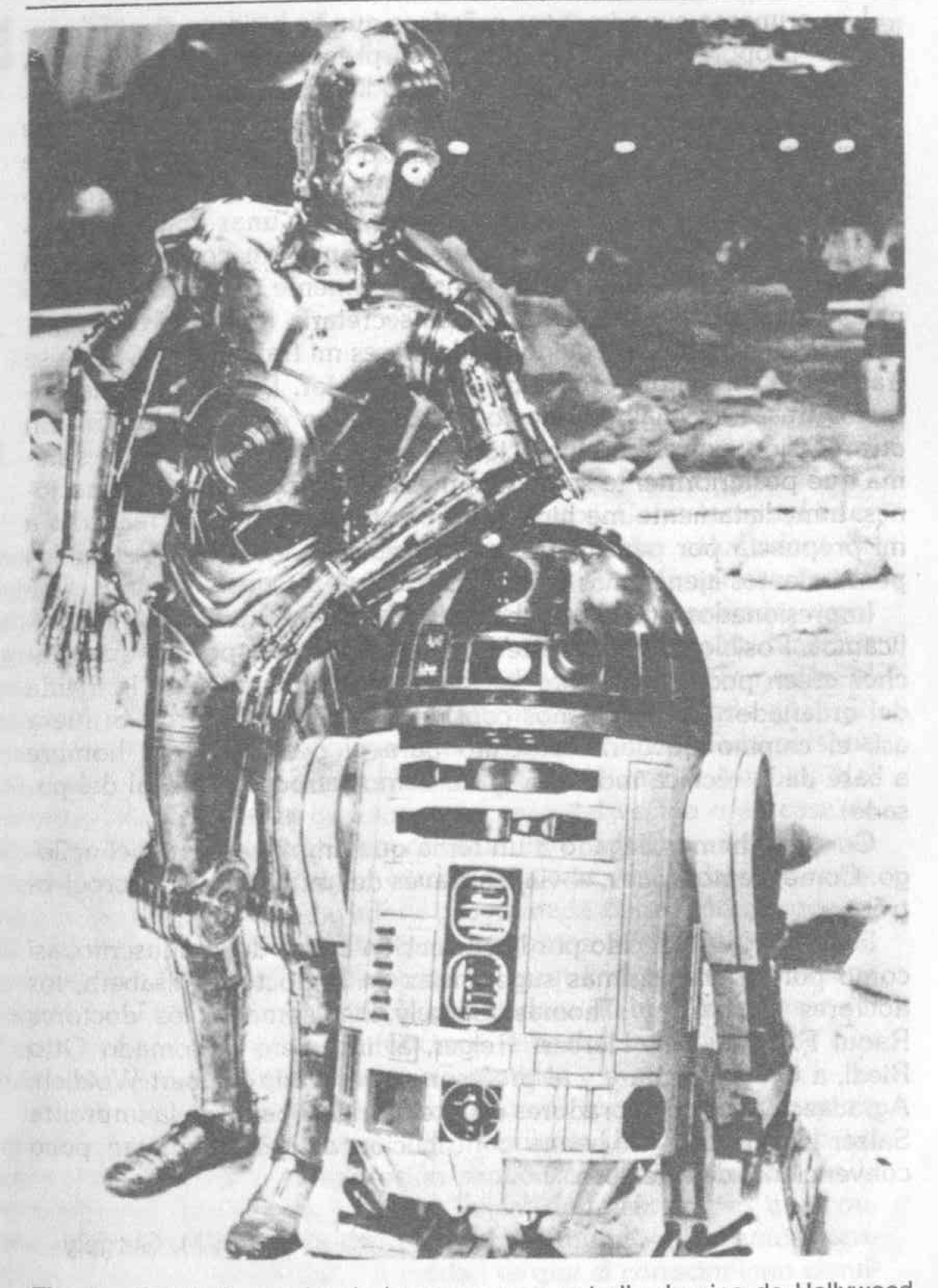


Fig. 1. Robot de apariencia humana como estrella de cine de Hollywood (aquí los dos robots C-3PO y R2-D2 de "La guerra de las galaxias").

Los primeros experimentos prácticos que se hicieron con un programa proporcionaron resultados sorprendentes. Un psiquíatra creyó de verdad que el programa se podía transformar en una psicoterapia automática. Dice Weizenbaum: «¿Cómo es la imagen que el psiquíatra tiene de su paciente, cuando él, como terapeuta, no se presenta como individuo humano con la finalidad de curar, sino como alguien que elabora informaciones, sigue unas normas, etc.?» Además, está demostrado que personas que han conversado con "Roger" han establecido rápida e instintivamente relaciones emocionales con el ordenador. «Una vez mi secretaria tuvo una conversación con él: ella había seguido desde meses mi trabajo y sabía que se trataba de un simple programa de ordenador. Después de las primeras frases del diálogo, me rogó que saliera de la habitación. En otra ocasión expresé mi intención de conectar de tal forma el sistema que posteriormente se pudieran escuchar todas las conversaciones. Inmediatamente me hicieron un sinfín de reproches respecto a mi propuesta por pensar que mi proyecto iba dirigido a espiar los pensamientos ajenos más íntimos.»

Impresionados por las posibilidades de un ordenador, lo personificamos. Posiblemente sea éste uno de los motivos por los que muchos creen poder solucionar los problemas humanos con la ayuda del ordenador. Esto debemos considerarlo como un error. Si fuera así, el camino quedaría expedito para el desarrollo del hombre a base de la técnica moderna (y no como retroceso al ideal del pasado).

Con esto hemos llegado a un tema que ampliaremos en el epílogo. Comencemos, pues, el viaje a través del mundo de la microelectrónica.

Estoy muy agradecido por la corrección crítica del manuscrito, así como por las valiosísimas sugerencias de la doctora Elisabeth, los doctores Gerhard y Thomas Gergely, así como a los doctores Raoul F. Kneucker, Herbert Reiger, al ingeniero diplomado Otto Riedl, a Christian Stary y al profesor universitario Herbert Woidich. Agradezco a los colaboradores de la editorial Piper y de la imprenta Salzer-Ueberreuter su buena contribución a la creación tan poco convencional de este libro.

Stefan M. Gergely

1. Principios técnicos

1. DE QUÉ SE TRATA

Diariamente utilizamos docenas de aparatos. Conectamos el televisor, telefoneamos, hacemos cálculos con nuestra calculadora de bolsillo, programamos la lavadora... Todas estas funciones tienen una cosa en común, que es saber cómo deben ser manejados estos aparatos, en tanto que, en la mayoría de los casos, sólo tenemos una ligera idea sobre su funcionamiento. Sin pensar, tomamos el auricular y marcamos un número determinado esperando que, naturalmente, a continuación suene el teléfono en casa de la persona deseada. ¿Pero quién conoce técnicamente el camino seguido del número marcado hasta que suena en casa del vecino o en casa de la tía de América? ¿Quién conoce realmente la forma en que la calculadora de bolsillo consigue extraer una raíz cuadrada en fracciones de segundos, o si la lavadora programada tiene o no incorporado un microordenador? Éstas son preguntas sobre las que nunca pensamos. ¿Por qué? Lo importante es que el televisor funcione cuando se le conecta. Cuando la calculadora de bolsillo, a pesar del buen estado de sus pilas, no funciona, sabemos instintivamente que intentar su reparación sería algo sin sentido.

A esta forma de utilizar los productos de la técnica moderna sin entenderlos la denominamos "razonamiento *black-box*" (algo así como caja negra). Esta expresión simboliza una mentalidad de la que muchos opinan que, para los "hijos" de la técnica, es una consecuencia inevitable de la complejidad del mundo que hemos construido a nuestro alrededor. La verdad es que el conocimiento científico ha aumentado tan considerablemente, que al individuo le resulta imposible poderlo apreciar en sus detalles. Este alud de informa-

ción ha desencadenado otro semejante de innovaciones técnicas. Como consecuencia, la industria nos inunda de productos que han sido posibles gracias a estas innovaciones. Pero la mayoría de nosotros ha renunciado a dominar la técnica moderna mediante la comprensión de la misma.

Considerado desde este punto de vista el "razonamiento *black-box*" es una especie de resignación.

En lo que concierne a la microelectrónica y sus aplicaciones, la regla es precisamente su utilización no comprendida. ¿No habría posibilidad de quitarle al microprocesador y sus aplicaciones un poco de sus caracteres *black-box*? Vamos a intentarlo a continuación. No obstante, este libro no trata de facilitar el conocimiento necesario para la construcción de un ordenador, ni siquiera para reparar un televisor (esto no sería posible en tan pocas páginas). Lo que sí es posible, es facilitar tanta información como sea posible sobre los principios de funcionamiento de la microelectrónica y de la técnica de la información y la comunicación, para que se pueda formar un criterio sobre lo que es posible y lo que no lo es, en base a los conocimientos actuales. Para empezar, definiremos y describiremos algunos conceptos, y más adelante expondremos la estructura y funcionamiento de los ordenadores, los bancos de datos y las instalaciones de comunicación. También daremos unas nociones someras de electrotecnia, así como de física de cuerpos sólidos.

Todo lo que se describe en este libro gira más o menos en torno al concepto de "información". El término *información* proviene del latín y significa "noticia, informe, instrucción" (del verbo latino *informare*, dar forma, formar). En lengua vernácula el término *información* tiene diferentes significados. El lenguaje diario lo utiliza en un sentido más limitado que en el utilizado en la teoría de la información. De esta manera, en el lenguaje ordinario se diferencia información de comentario, a pesar de que un comentario también es una forma de información. En sentido lato, el término *información* afecta a todos los factores susceptibles de ser transmitidos, averiguados o almacenados. La teoría de la información analiza el contenido informativo de noticias o de observaciones físicas y la relación entre contenido de información y la transmisión de esa información de un lugar a otro. Según esta teoría, el concepto de información no tiene relación con el significado o veracidad de una noticia, sino que se refiere a la medida en que la noticia es casual o inesperada.

Karl Steinbuch entiende por el concepto de información no sólo la información codificada, como la escritura o telegrafía, sino también la información no codificada, como, por ejemplo, la mímica y los gestos, los programas involuntarios que dirigen nuestro comportamiento, etc. Distingue tres sectores importantes de la información:

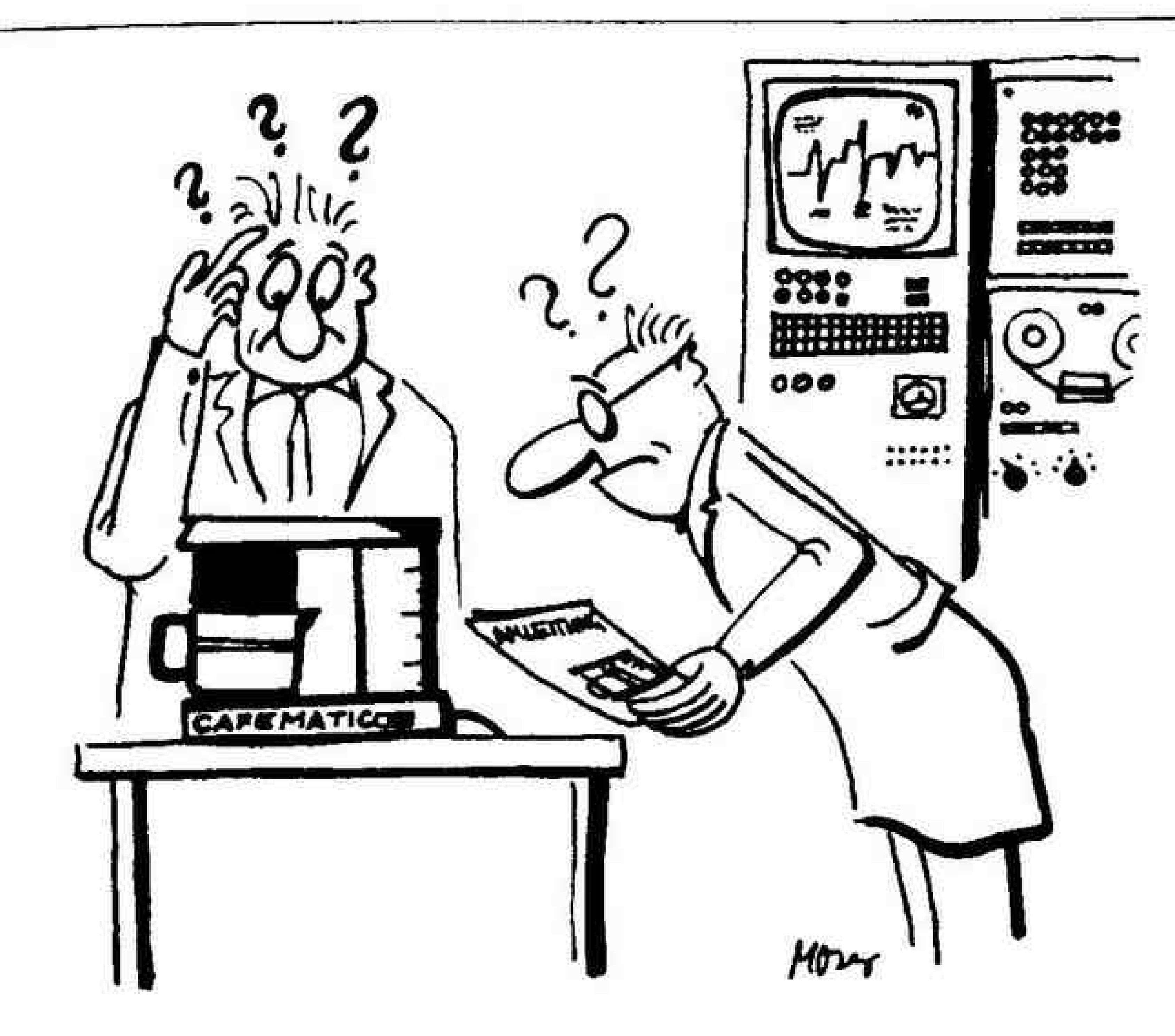


Fig. 2. Dígame... ¿cómo funciona este complicado aparato?

1. El hombre se halla sobre una base de informaciones procedentes del pasado, sobre todo de la información genética que determina su existencia física, de la información cultural (historia, tradición) y de la experiencia social e individual (patria).
2. El hombre vive con la información actual, cuya característica es la posibilidad de efecto recíproco, intercambio y corrección.
3. A los hombres les mueven informaciones referentes al futuro: metas, valoraciones, miedos y esperanzas.

La información se transmite mediante noticias, y las noticias se transmiten mediante signos o señales, o sea, por combinación de estos (p. ej., letras). Hasta qué punto una noticia transmite información dependerá, en principio, del signo, luego de la noticia, pero también del receptor, es decir, del efecto que la noticia cause en el receptor. O sea, que la información es, en cierto modo, la modificación que se produce en un receptor a través de señales. Si una noti-

cia provoca una modificación, ésta dependerá, naturalmente, de si emisor y receptor poseen la misma reserva de señales, o sea, una reserva común (un mensaje en un idioma que yo no entiendo, no tiene para mí ningún valor).

Por su origen, existen informaciones resultantes de un análisis directo con la realidad e informaciones que son producidas por otras personas, por ejemplo, un poeta o un periódico. De manera especial, la información producida por personas aumenta actualmente de forma considerable. Este tipo de información tiene carácter de mercancía, y no siempre como producto de un autor, protegida por los derechos de autor. También es una mercancía de los distribuidores de información, por ejemplo, del editor o de una empresa de televisión por cable, que ofrece una película a cambio de unos impuestos de utilización.

La información puede transmitirse a través de distancias espaciales (transmisión de información en sentido estricto), por carta, teléfono o televisión. También puede transmitirse a través de distancias temporales, pero sólo en una dirección, del pasado al futuro (almacenamiento de información), en libros, discos o banco de datos.

La información no sólo es transmitida, sino también procesada. El procesado de la información sirve para gestionar y transformar la información existente en información "nueva".

Las estructuras informativas se encuentran en múltiples ámbitos, en biología, técnica, sociología y otros. La ciencia de estas estructuras informativas se llama cibernética (del griego *kybernetes*, guía, piloto).

2. FUNCIONAMIENTO DE LOS ORDENADORES

«The respective interpretations of the symbols 0 and 1 in the system of Logic are Nothing and Universe» (El significado de los símbolos 0 y 1 en el sistema de la lógica son el nada y el todo), George Boole.

Ordenador equivale a calculadora. Puede sumar, restar, multiplicar y dividir. Pero también puede resolver problemas que a primera vista nada tienen que ver con una calculadora, como, por ejemplo, dirigir una instalación de producción u ordenar alfabéticamente una serie de conceptos. Estas funciones las resuelve el ordenador con la ayuda de un principio simple, por no llamarlo primitivo. El ordena-

dor trabaja con los conceptos de "correcto" y "falso", o, expresado de forma matemática, con los signos 0 y 1.

Todo lo que tiene que estar en contacto con el ordenador –los números que debe sumar, las palabras que debe ordenar alfabéticamente, las órdenes que debe recibir– está basado en series de 0 y 1. A continuación se detalla cómo debería ser la orden que se diera a un ordenador electrónico para que sumara dos números en su idioma:

0101100000110000110000000000001011000010000001100001000000000001101000110100010100000011000011000000001000.

El mérito del ordenador reside en la posibilidad de elaborar en pocos segundos muchos millones de series de 0 y 1. Nada más.

¿Por qué el ordenador sólo puede utilizar series de 0 y 1? El motivo está en su forma de funcionamiento: trabaja con impulsos eléctricos. La unidad central de un ordenador se compone de millones de pequeños interruptores, los cuales sólo conocen dos sistemas:

el interruptor está *abierto* – consecuencia: no hay fluido eléctrico
el interruptor está *cerrado* – consecuencia: hay fluido eléctrico

Al elemento de demostración que sólo conoce dos sistemas se le denomina "elemento binario" o *bit* (del inglés *binary digit*, número binario). El bit es el elemento fundamental del ordenador digital. Pero también existen ordenadores que trabajan de forma analógica. Conformémonos de momento con la existencia de ordenadores digitales y analógicos. La diferencia entre digital y analógica se explica en las páginas 89-90.

Todo lo que puede hacerse en el sistema binario lo inventó el matemático inglés George Boole (1815-1864), hace más de cien años.

El principio lógico que descompone los problemas en una serie de expresiones "correcto" y "falso" se denomina lógica booliana, de su inventor. Partiendo de que una expresión sólo puede ser correcta o falsa y utilizando las operaciones "y", "o" o "no", surgen múltiples funciones. Por ejemplo, cuando se indican dos expresiones A y B, la expresión "A y B" será correcta si ambas son correctas, mientras que la expresión A o B sólo será correcta, cuando A o B o ambas sean correctas. Así de sencillo es en principio.

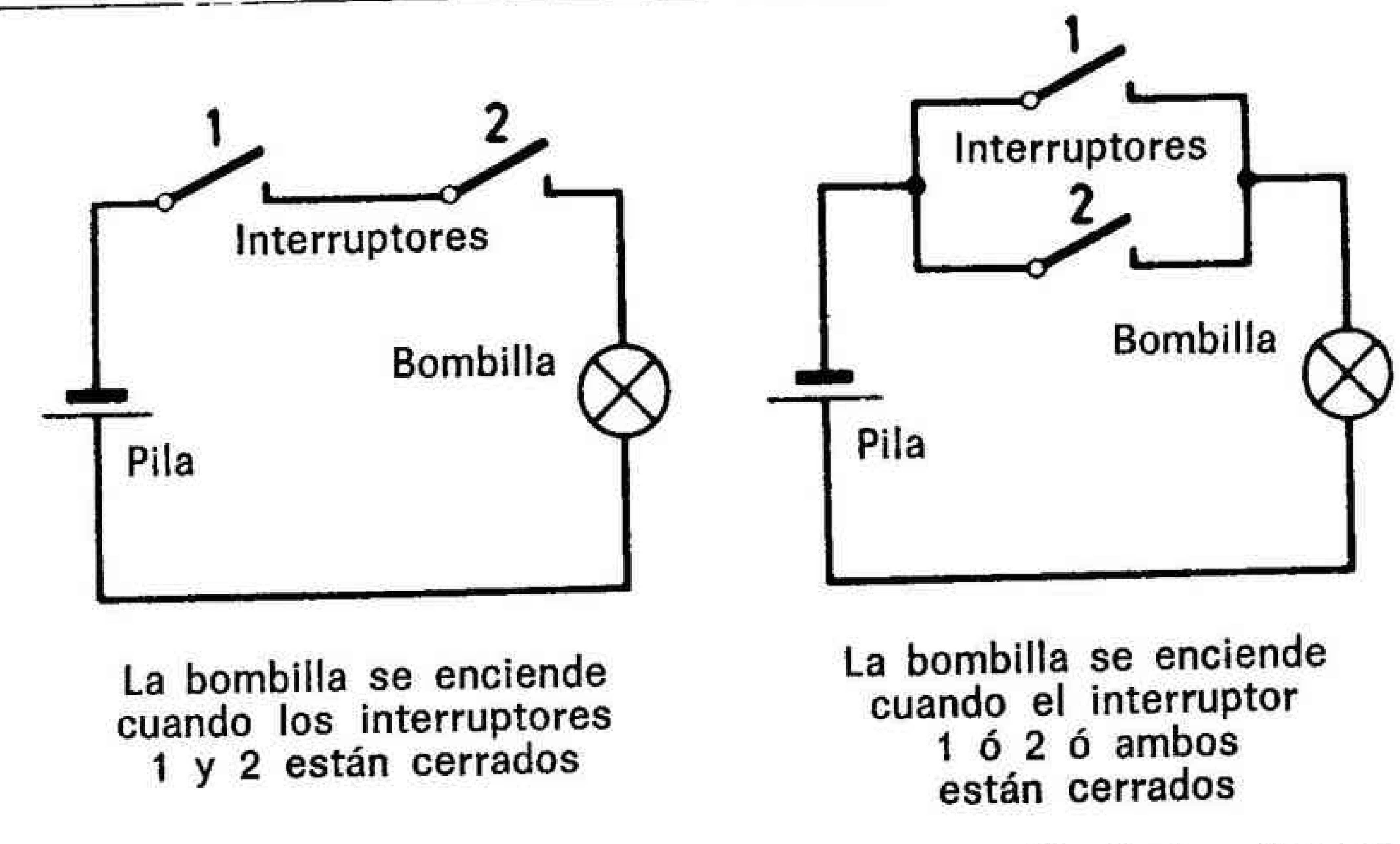


Fig. 3. Álgebra de Boole como esquema de conexión (aclaración en el texto).

La figura 3 muestra claramente cómo se pueden realizar operaciones "y" u "o" mediante la diferente combinación de dos interruptores.

Debido a que muchos problemas de aritmética son complicados en la práctica, se requiere un montaje de conexiones complejo, a veces con miles de miembros combinatorios. Aquí es donde el manejo de los ordenadores tiene su dificultad: es necesario reducir una operación aritmética a una serie de operadores boolianos ("y", "o", etc.) para cambiarlos a continuación por una serie de 0 y 1 para que el ordenador pueda trabajar (para estos trabajos están los programadores).

Sigamos con el problema que acabamos de mencionar. El 0 y 1, por sí solos, son poco. Necesitamos más bits para representar, "codificar" cifras y letras. Vamos a intentarlo con 2 bits:

1.er bit	2.º bit	
0	0	1.ª combinación
0	1	2.ª combinación
1	0	3.ª combinación
1	1	4.ª combinación

Dos bits facilitan 4 combinaciones, o sea 00, 01, 10 y 11. Con esto se pueden codificar cuatro letras. Esto sigue siendo poco. Veamos lo que sale con tres bits:

1.er bit	2.º bit	3.er bit
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Con tres bits se pueden representar un total de 8 símbolos, pues resultan otras tantas posibles combinaciones diferentes de 0 y 1.

Con cuatro bits resultan 16; con cinco bits, 32; con seis bits, 64; con siete bits, 128; con ocho bits, 256 combinaciones diferentes.

Se llama codificación a la adjudicación de signos determinados (una letra o una cifra) a una combinación de símbolos. El orden para esta coordinación de signos se llama *code* (código). Si yo utilizo un código con 8 bits, la combinación 01010011 puede ser la letra W, una señal de llamada o el número 9, siempre en función de la coordinación que yo haya elegido. En este caso hay 256 posibilidades de combinación diferentes, lo que quiere decir que, aparte de las cifras 0 y 9 y las letras del abecedario, puedo coordinar, además de otros signos, como punto, guión, exclamación, etc., un código de 8 bits.

Como decíamos, la adjudicación de las cifras o letras a un determinado código binario es voluntaria. Ahora bien, una vez se ha elaborado un esquema de adjudicaciones para un ordenador, todos los problemas aritméticos deberán adaptarse a dicho esquema para que el ordenador los pueda "entender".

En las últimas décadas surgieron en el tratamiento de datos múltiples códigos que generalmente estaban vinculados a los distintos fabricantes de ordenadores. También los centros para la elaboración de normas crearon códigos. Aquí surgió por primera vez un problema, del que nos ocuparemos más adelante: la compatibilidad, o sea, la forma de comportamiento de los sistemas. Por ejemplo, si una instalación trabaja según el código-EBCDIC, todos los datos se deberán adaptar a este código: los ordenadores que trabajan con códigos diferentes no pueden comunicarse sin una instalación adicional



Fig. 4. Sistema binario inventado por Gottfried Wilhelm Leibniz, representado según sus propios modelos (1697).

El mencionado código EBCDIC es una abreviación de *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code* (código binario ampliado para decimales). Es un código de 8 bits, lo que quiere decir que cada carácter es codificado por una serie o secuencia de 8 posiciones representadas cada una de ellas por el 1 ó el 0. Con cada 8 bits se pueden representar letras, cifras o caracteres especiales. Una serie o secuencia de 8 bits se llama *byte*. Para representar una palabra de 4 letras en el código EBCDIC se necesitan 4 bytes o 4 veces 8 = 32 bits. Veamos esto en un ejemplo. El código EBCDIC para la letra *B* mayúscula es 11000010, para O es 11010110 y para N es 11010101.

Según el lenguaje EBCDIC, BONN resultaría:

BONN 11000010 11010110 11010101 11010101

Ahora sabemos cómo se compone el lenguaje que entienden los ordenadores. Antes de pasar a otro tema y ocuparnos de los lenguajes de programas (FORTRAN, COBOL, etc.) sería útil conocer más de cerca la estructura de un ordenador. El próximo capítulo trata sobre el *hardware*, o sea, todo aquello que se puede tocar. Se llama *software* a las instrucciones (programas) según las cuales trabaja el *hardware*.

3. LA ESTRUCTURA DE UN ORDENADOR

A fin de poder entender la estructura y la forma de funcionamiento de un ordenador, lo compararemos a un director y sus dos secretarias, cada una de las cuales ocupa un despacho. El del director está situado entre los de sus secretarias. Excepto a través de una de ellas, no tiene contacto con el mundo exterior (fig. 5). Una de las secretarias recibe las informaciones que llegan al despacho del director y se encarga del *Input*, facilitando al director la comunicación con el exterior. La segunda secretaria se encarga del *Output*, es decir, canaliza las noticias del director hacia el exterior.

El director trabaja totalmente aislado: no ve ni oye nada, excepto los datos que le suministra su primera secretaria, los cuales, una vez elaborados, los transmite a la secretaria-*output*.

Veamos más detalladamente el despacho del director. Su lugar de trabajo se compone de tres partes: "A", "B" y "respuesta". Además, el director tiene dos botones para llamar a sus secretarias (vamos a llamarlos botón-*output* y botón-*input*), y dispone de una lista de instrucciones de trabajo (sobre esto hablaremos más adelante).

En cierto modo, la función del director es bastante limitada. Puede realizar operaciones aritméticas perfectas, pero no puede trabajar simultáneamente con dos cifras; a las preguntas responde siempre con un "sí" o un "no". Además, es muy perezoso. Sólo hace lo que se le dice, ni un ápice más. Desconoce en absoluto qué cosa sean las iniciativas propias.

Supongamos ahora que el director recibe la instrucción de calcular una hoja de salarios. Utilizaremos un esquema simplificado de cálculo de liquidación salarial. El sueldo bruto se calcula multipli-

Fig. 5. Representación analógica de un ordenador (aclaración en el texto).

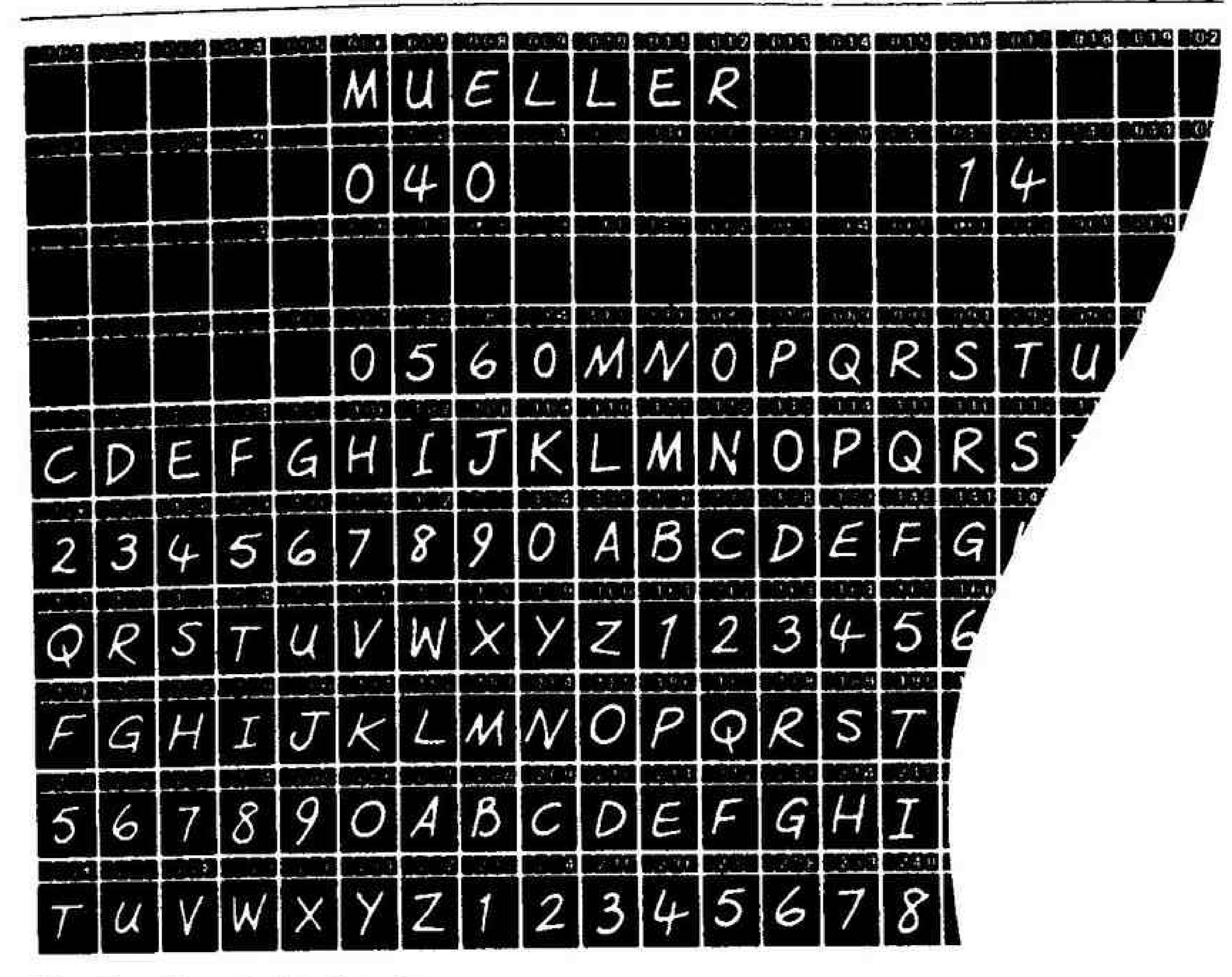


Fig. 6. Panel del director.

cando el número de horas trabajadas por el importe horario. A continuación se calcula la parte que hay que deducir en concepto de seguridad social, así como la retención a cuenta del impuesto sobre la renta. La suma de ambas deducciones se restará del sueldo bruto, debiendo resultar, según nuestro esquema, el sueldo neto.

En la práctica, como todo contable sabe, el cálculo de un salario no se hace así. Pero carece de importancia el que aquí hayamos empleado una forma tan sencilla de hacer este cálculo: se trataba simplemente de explicar cómo se puede enseñar contabilidad a un ordenador. Veamos más de cerca las instrucciones de trabajo del director: consisten en una serie de fichas que las contienen. En la primera se lee: pulsar el botón-*input*. El director lo aprieta y se arrellana en su sillón, mientras espera. La primera secretaria oye el timbre, toma el primer informe y entra en el despacho del director. El informe está redactado en una ficha-*input* estandarizada, exactamente con 80 signos por línea. La secretaria traslada la información a un panel

o "memoria" del director. La primera ficha-*input* lleva el nombre de H. F. Mueller. Éste ha trabajado 40 horas y debe percibir 14 DM por hora de trabajo. La secretaria traslada la información según el esquema indicado en las casillas vacías y marcadas en la parte superior del panel (fig. 6). Las primeras cinco casillas quedarán libres. De la seis a la doce, se llenarán con MUELLER. El nombre propio del señor Mueller, el número de horas trabajadas y el importe ganado por hora se anotarán en determinadas casillas (el número de horas, a partir de la casilla 31; el sueldo por hora, a partir de la casilla 41; etc.).

Una vez transmitidos los datos, la secretaria abandona el despacho. A continuación señala el final de su trabajo mediante el timbre, el cual saca al director de su sopor. Ahora éste toma la segunda ficha de instrucciones de trabajo, en la que se lee: 2.ª ficha: Anote las tres posiciones, comenzando con 31 en la posición de trabajo "A".

El director obedece las órdenes. Las siguientes fichas dicen: 3.ª ficha: Anote las dos posiciones, comenzando en la casilla 41, en la posición de trabajo "B". 4.ª ficha: multiplique las cifras de la posición de trabajo "A" y "B". Una vez el director ha terminado, su posición de trabajo es la siguiente:

A 040
B 14
Respuesta 0560

Las instrucciones le han dicho que multiplicara el número de horas, o sea, 40, por el sueldo/hora, es decir, 14 DM, para así conseguir el sueldo bruto. (Se pone 0 antes de 560 para el caso de que se tuvieran que calcular 80 horas, en el cual el resultado sería 1.120, o sea, un número de cuatro cifras. El 0 facilita la correcta posición de las unidades, decenas y centenas.)

Toda la operación es mecánica. Al director le es indeferente lo que haga. Se limita a tomar un número de aquí y otro de allí y multiplicarlos. Si las instrucciones recibidas no son exactas, su trabajo no estará bien ejecutado. Si se equivoca y escribe en la tercera ficha: "Anote las dos posiciones, comenzando en la casilla 42...", el director pondrá como sueldo/hora un 4, o sea, 4 DM. El hecho de que esto sea muy poco le pasa inadvertido.

La ficha siguiente indica al director:

5.ª ficha: Anote la respuesta en las cuatro posiciones, comenzando en la casilla 81.

El cálculo de las diversas deducciones del sueldo bruto se realiza según el mismo esquema. Vamos a ver cómo deduce el director la retención a cuenta del impuesto sobre la renta. Para simplificar, supongamos que la retención del impuesto sobre la renta de un sueldo bruto inferior a 1.000 DM es del 10 %, y la de un sueldo bruto superior a 1.000 DM del 20 %.

¿Cómo sigue?

En la 6.ª ficha se lee:

6.ª ficha: Anote las cuatro posiciones, comenzando en la 81, en la posición de trabajo "A". Luego, el director lee la séptima ficha.

7.ª ficha: El número que hay en la posición de trabajo "A" ¿es menor que 1.000? Como el director sólo contesta "sí" o "no", podemos seguir dos caminos (fig. 7). En nuestro caso la respuesta es "sí". Se le ordena al director que busque la ficha número 11:

11.ª ficha: Anote 10 en la posición de trabajo "B".

En la figura 7 se puede ver lo que ocurriría si el sueldo bruto no fuera inferior a 1.000 DM. El director habría recibido la orden de leer la ficha número 9, la cual le hubiera ordenado anotar 20 en la posición de trabajo "B". La ficha número 10 le hubiera dicho que buscara la número 12:

12.ª ficha: multiplique.

La ficha siguiente indica al director, en los dos casos, que traslade el resultado de la multiplicación a una posición determinada en el panel, en el que, mediante una serie de operaciones de este tipo, quedan reflejadas todas las deducciones del sueldo bruto. Faltarán aún las posiciones para las comas. La retención a cuenta del impuesto sobre la renta no se obtiene multiplicando por 10 ó 20, sino que dicha retención representa el 10 % ó el 20 % del sueldo bruto. La posición de la coma se obtiene mediante una ficha-*input*, que indica en qué posición (casilla) determinada debe colocarse la coma. En el ejemplo que nos ocupa, los 560 marcos se transforman en 56,0, lo que equivale al 10 % del sueldo bruto.

Supongamos que el director ya ha calculado todas las deducciones y las ha restado del sueldo bruto.

Una nueva ficha le indica que debe llamar a la secretaria-*output*. Pulsa el botón y la secretaria entra. Traslada las letras y cifras al panel según el esquema estandarizado, tal como la secretaria-*input* hizo sobre la ficha-*output*.

Al final de la instrucción de trabajo para el cálculo de un sueldo neto, el director encuentra tres fichas (nosotros las numeraremos del 35 al 37):

Ficha 6:
Trasladar las 4 posiciones, comenzando en la 81, al lugar de trabajo A

Ficha 7:
¿El número que hay en el lugar de trabajo A es más pequeño que 1.000?

Ficha 8:
En caso afirmativo pasar a 11

Ficha 9:
Traspasar 20 al lugar de trabajo B

Ficha 10:
Seguir con ficha 12

Ficha 11:
Traspasar 10 al lugar de trabajo B

Ficha 12:
Multiplicar

Ficha 13:
Traspasar la respuesta a la tabla mural comenzando en la posición 97

Fig. 7. Cálculo del impuesto sobre los ingresos (explicación en el texto).

Ficha 35: ¿Se han calculado todas las hojas de salario?

Ficha 36: En caso afirmativo, fin (en caso negativo, consultar ficha 37).

Ficha 37: Retroceder a la ficha número 1.

Resumiendo: el director en el despacho central hace justamente lo que un ordenador está en condiciones de hacer. Puede solicitar

fichas-*input* (para ello necesita una instalación-*input*) y transmitir el contenido a un lugar determinado de la memoria. Puede realizar las operaciones fundamentales y contestar a las preguntas con un "sí" o un "no". El resultado de su cálculo lo comunica finalmente a una instalación-*output*, por ejemplo, la impresora.

El ordenador consta de tres parte (fig. 8):

1. *Input*
2. Unidad central
3. *Output*

La unidad central consta de:

- unidad de procesado (CPU, del inglés *Central Processing Unit*); en nuestro ejemplo era el director,
- mecanismo de dirección, instrucciones de trabajo fijadas en un programa y
- memorias: memoria de trabajo (posición de trabajo A y B)
  memoria central (panel)

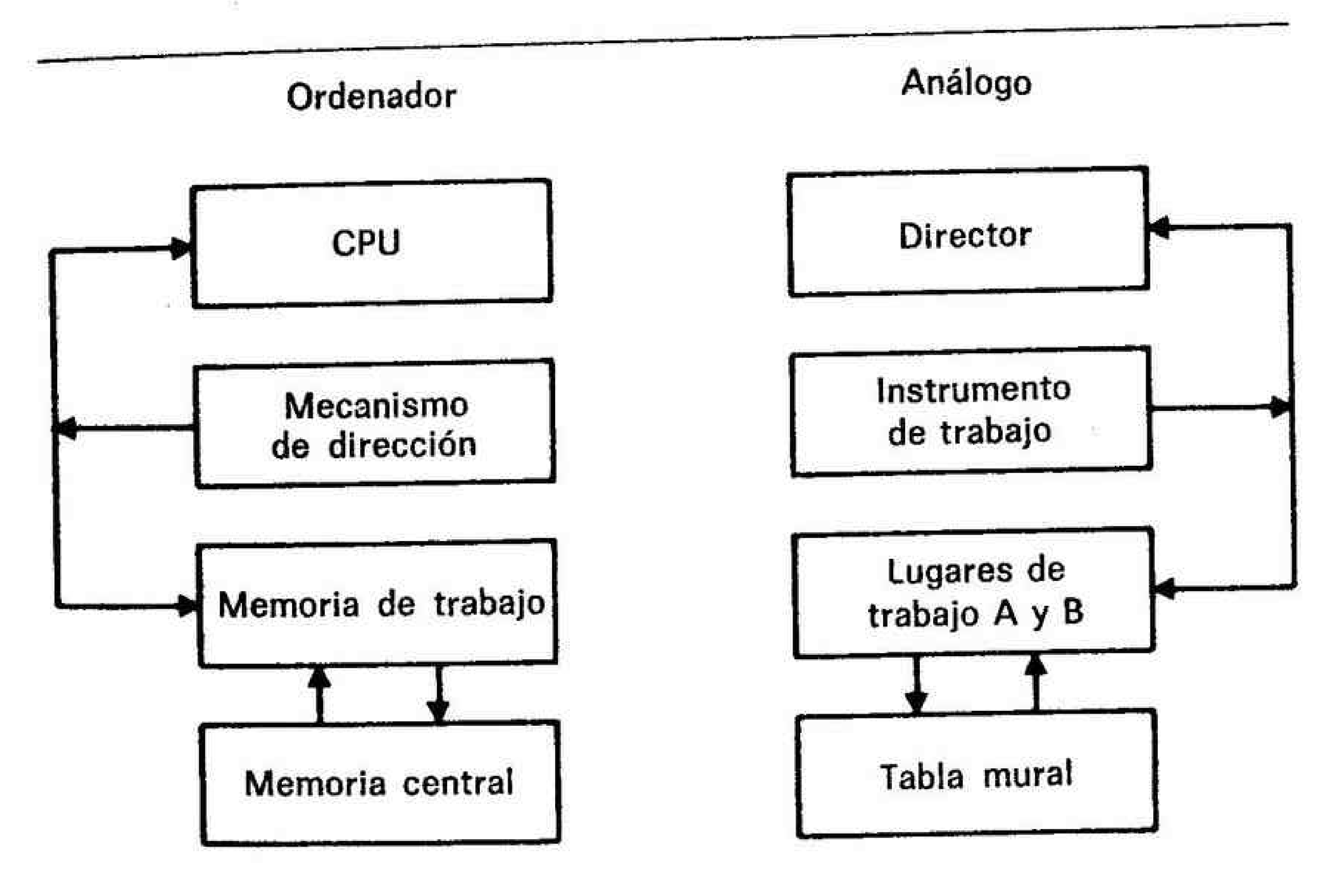


Fig. 8. Estructura de la unidad central de un ordenador.

Los aparatos para el *input* y *output*, así como la unidad central, son *Hardware*, o sea, piezas de máquinas que se pueden manipular. Según lo que se exija a un ordenador, serán de una forma u otra. A continuación daremos una idea sobre la diversidad de los sistemas que se utilizan. En primer lugar, nos ocuparemos de aparatos que admiten datos en la unidad central *(input)*. Los datos que deben ser procesados electrónicamente pueden tener distinto origen: pueden ser direcciones, cálculos y fórmulas, pero también textos de páginas y números de artículos en fichas perforadas, código de barras en los envases de artículos comerciales, resultados de análisis clínicos, así como también las órdenes de un programa en el propio lenguaje del programa. De aquí que existen múltiples posibilidades para adaptar a un ordenador todos estos datos.

4. INPUT Y OUTPUT

Todo comenzó con un mecanismo para automatizar un telar. Joseph Marie Jacquard –producto de la Revolución Francesa– desarrolló en el año 1805 un mecanismo que modificó decisivamente la forma de tejer muestras. Imaginémonos un simple telar. Todo tejedor debe tener un plan determinado, es decir, un programa, según el cual trabajará con los distintos hilos de color hasta conseguir el dibujo deseado. Debido a que el mismo dibujo se repite muchas veces se ve en la necesidad de repetir cada vez el mismo procedimiento. Jacquard comenzó a pensar sobre las posibilidades de mecanizar este procedimiento. Y esos pensamientos condujeron a una nueva técnica en la forma de tejer:

Jacquard utilizó una serie de fichas perforadas en determinados puntos. Estas perforaciones formaban lo que después sería el dibujo deseado. Poniendo una de estas fichas perforadas sobre un sistema de taquitos, de forma que al pasar por uno de los agujeros aquéllos se elevaran mediante un muelle o se mantuvieran en su posición al no existir agujero, se podría dirigir el diseño de un dibujo. Si a continuación siguiera otro dibujo, se introduciría una segunda ficha "programada" de distinta manera. Si posteriormente se tuviera que repetir el primer dibujo, habría que volver a la primera ficha y así sucesivamente (fig. 9). Con este descubrimiento, Jacquard revolucionó la industria textil. El número de parados que ocasionó este telar automático tuvo importantes repercusiones a nivel social y polí-

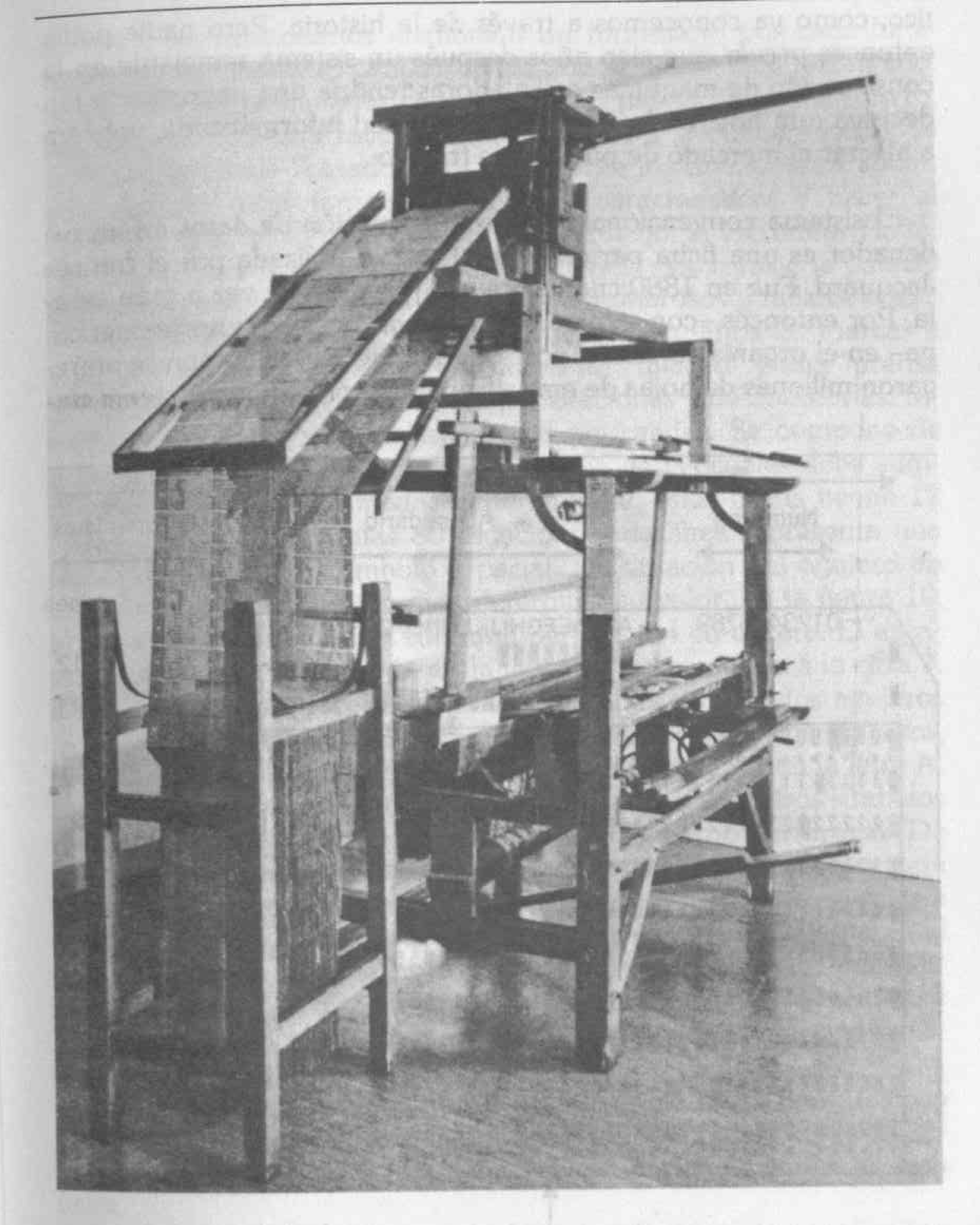


Fig. 9. Telar con una máquina de Jacquard, hacia 1850.

tico, como ya conocemos a través de la historia. Pero nadie podía entonces prever que cien años después un sistema semejante en la construcción de máquinas calculadoras tendría una importancia tan decisiva que hoy, en la era de una sociedad informatizada, volviera a afectar el mercado de puestos de trabajo.

El sistema convencional para la introducción de datos en un ordenador es una ficha perforada similar a la utilizada por el francés Jacquard. Fue en 1880 cuando se usó por primera vez a gran escala. Por entonces –con motivo del censo de población norteamericana– en el organismo estatal correspondiente a Washington se entregaron millones de hojas de empadronamiento. Según el sistema tra-

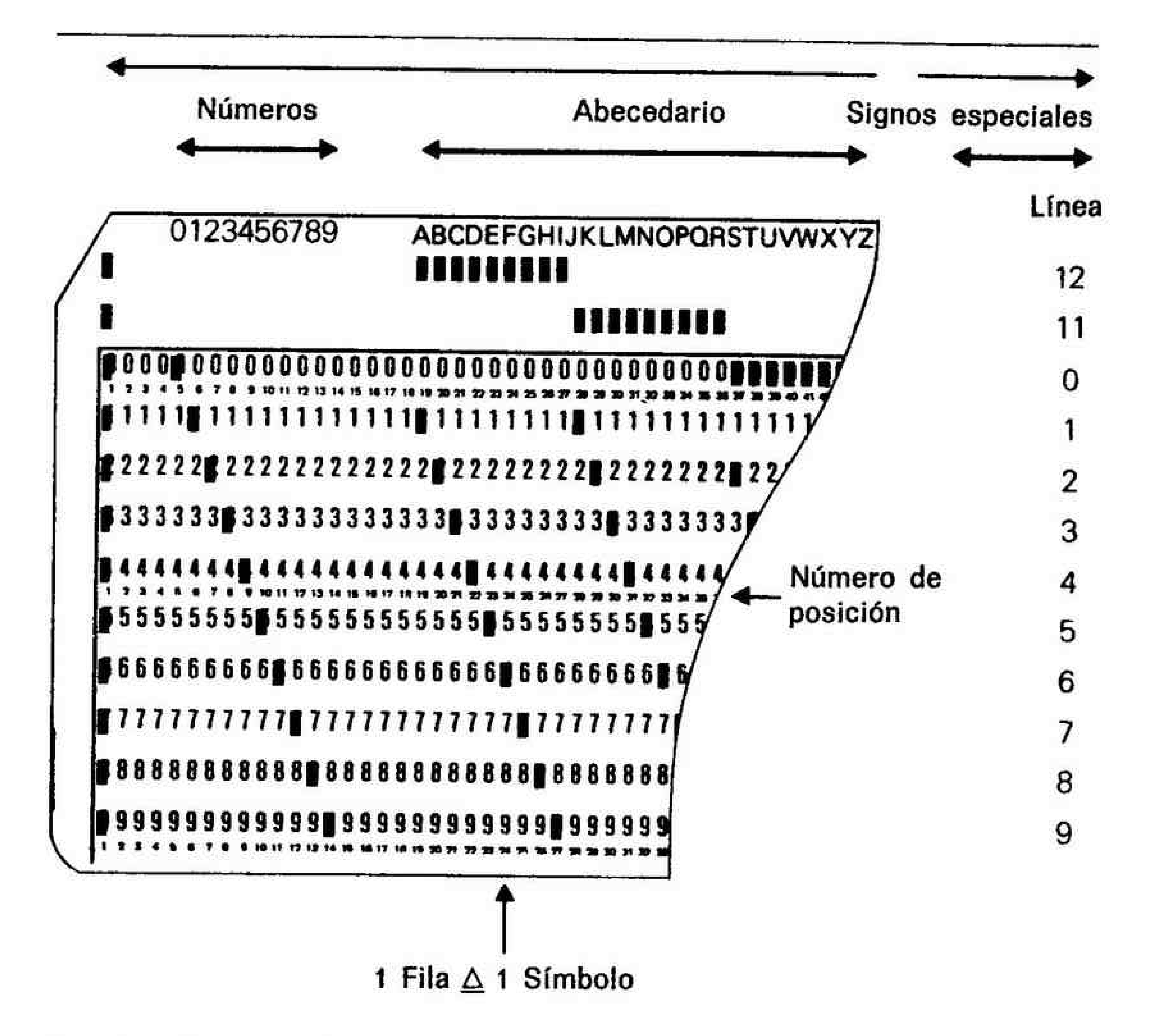


Fig. 10. Composición de una tarjeta perforada.

dicional, los funcionarios distribuían un formulario por cada habitante. En las diferentes casillas, en las que se dividía este formulario, se anotaban determinados conceptos. Si el habitante estaba soltero, se marcaba con una raya la casilla "soltero"; si estaba casado, se marcaba la casilla "casado". Posteriormente los funcionarios tenían que ordenar estos impresos según sus características y hacer el cómputo, que les llevaba siete años de trabajo. A Hermann Hollerith, ingeniero e hijo de emigrantes alemanes, este trabajo le pareció tedioso y demasiado prolijo. Después de numerosos y fallidos intentos, encontró la solución: sustituyó en los formularios las marcas a lápiz por agujeros. Para ello construyó un "taladro" y una "prensa de contacto" capaz de percibir las perforaciones y de analizarlas. Introduzcámonos en una de esas fichas perforadas. Se compone de una serie de líneas numeradas y cada una de las cuales debe cumplir una misión determinada. Generalmente, estas fichas tienen 12 líneas y cada una de ellas 80 espacios. Cada línea representa una letra, una cifra o un símbolo especial. La situación del agujero en cada línea de la ficha perforada determina su valor. En la figura 10, el espacio 5.º nos muestra sólo una perforación en el cero. El espacio 6.º tiene una perforación en la línea 1 y corresponde a la cifra 1. Las letras se reproducen mediante la combinación de dos agujeros del mismo espacio. Por ejemplo, el espacio 19 tiene dos agujeros, uno en la línea 12 y otro en la 1 y conjuntamente forman la letra A. De esta manera se pueden representar cifras, letras y otros símbolos mediante una serie de perforaciones y de zonas no perforadas. De la misma manera, se puede traducir cualquier símbolo al lenguaje binario del ordenador. La lectura de una de estas fichas no reviste dificultad alguna. Se procede de forma semejante a la descrita en el caso del telar, o sea, mediante taquitos mecánicos que, al coincidir con un agujero, producen un contacto eléctrico, o bien mediante haces luminosos, que al encontrar un agujero, actúan sobre una célula fotoeléctrica situada detrás (fig. 11).

A todo experto en ordenadores le son familiares los aparatos con un teclado similar al de una máquina de escribir y capaces de traducir cada uno de los símbolos del teclado a perforaciones en una ficha.

Igualmente existen lectores de fichas perforadas convencionales, capaces de percibir todas las series de zonas perforadas y no perforadas y cursar las informaciones correspondientes al ordenador. En lugar de fichas perforadas pueden utilizarse cintas de papel perforadas.

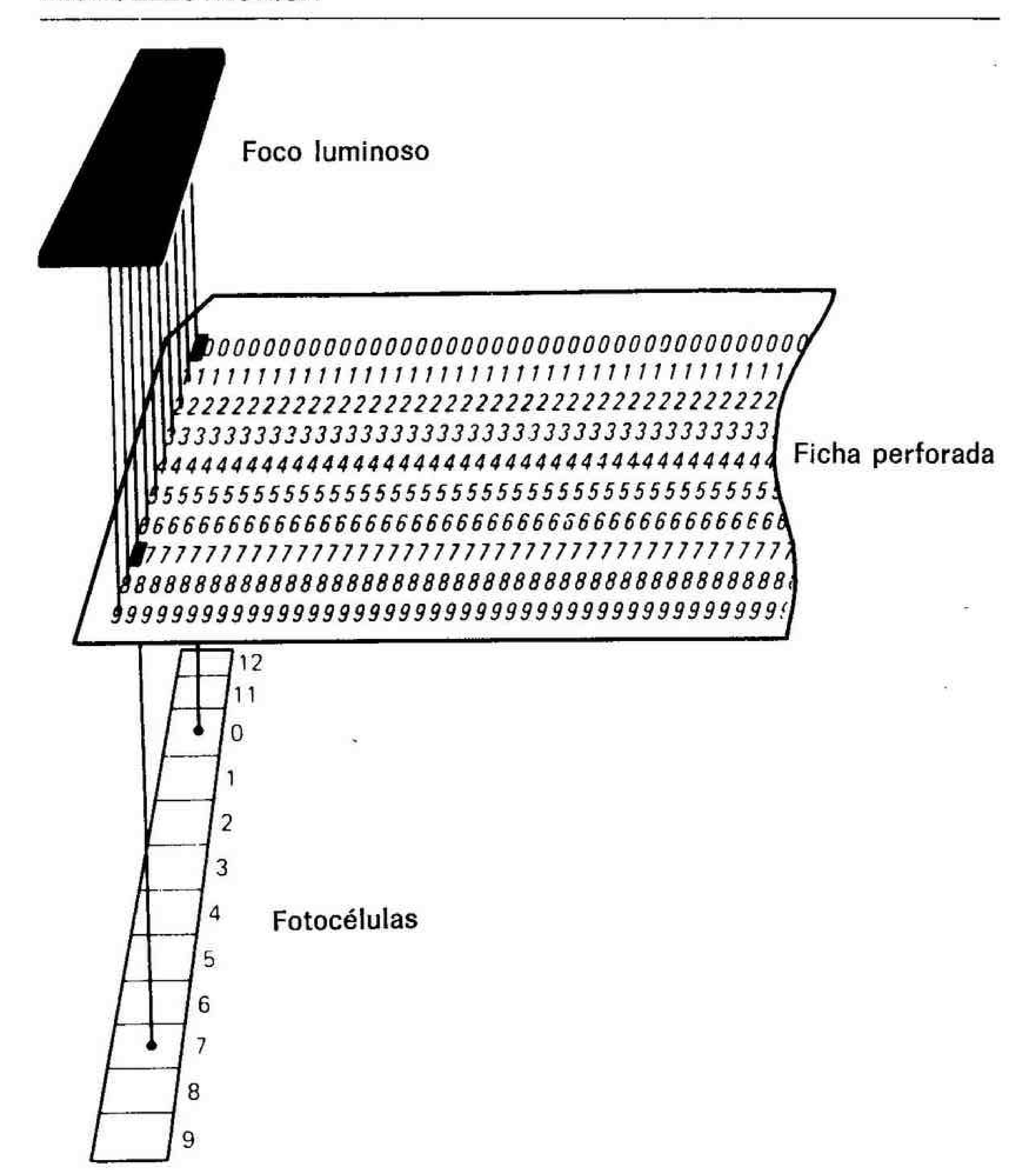


Fig. 11. Lectura fotoeléctrica de tarjetas *input.*

En los inicios del ordenador, prácticamente sólo se utilizaban fichas perforadas de papel o cartón. Lo más importante no era el uso de papel o de cartón, sino la transformación –codificación– de números o letras a series de 0 y 1. No es difícil imaginar que esta codificación puede realizarse a través de cintas magnéticas u otros me-

dios; la banda oscura en el reverso de una tarjeta de crédito realiza prácticamente todas las funciones de una ficha perforada. Esta banda contiene en determinados puntos series de 0 a 1 fijadas magnéticamente, que pueden ser reconocidas como tales por un lector especial y posteriormente mecanizadas como información.

Para la elaboración de grandes cantidades de datos las fichas o cintas perforadas no son tan apropiadas como los soportes magnéticos de datos. Para perforar se necesita mucho tiempo e incluso la entrada de datos es bastante lenta. Además, las fichas perforadas tienen el inconveniente de que prácticamente no permiten hacer modificaciones posteriores. Todo ello al margen del gran espacio que se necesita.

Actualmente, para la introducción de datos se utilizan sólo aparatos de "diálogo" (o terminales). Se llaman así, porque permiten mantener un diálogo con la unidad central, es decir, estar en contacto directo con el ordenador. Hoy se encuentran muchos de estos aparatos en oficinas, bancos, bibliotecas y oficinas de empadrona-

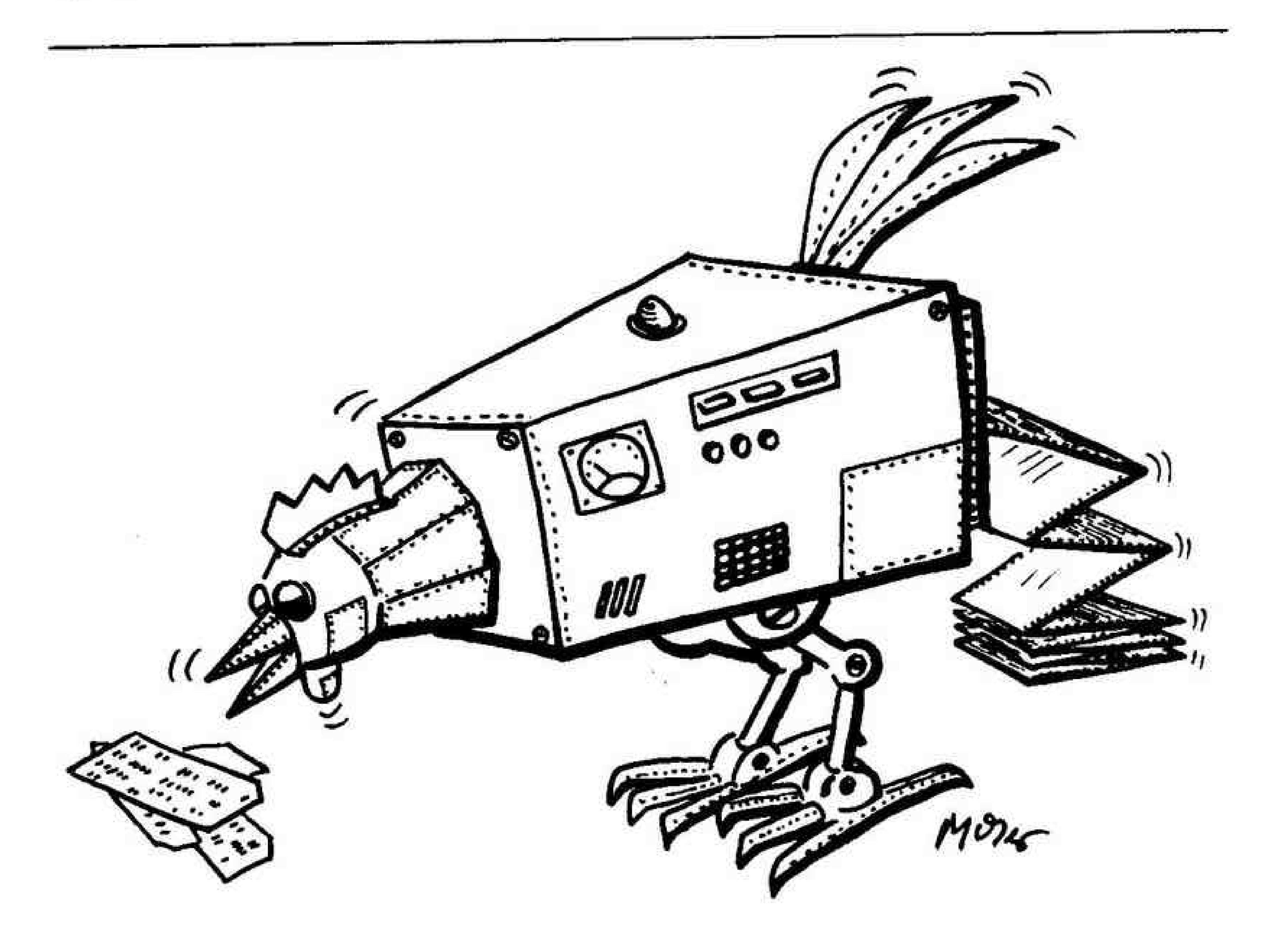


Fig. 12. Input-put-put... Output-put-put...

miento. Se les denomina también *terminales*. Estas terminales con pantalla tienen como equipo básico un teclado y una pantalla en donde se reflejan los datos mecanografiados. En principio, estos datos quedan almacenados en la terminal. Sólo cuando se pulsa una tecla determinada, la terminal envía la noticia correspondiente a la unidad central. Esto tiene la ventaja de que el *input* puede ser controlado y, en caso necesario, modificado antes de ser procesado.

Resumiendo: a través de aparatos para la entrada de datos se suministran todas las informaciones que necesita un ordenador para trabajar. Todos estos aparatos están conectados al ordenador directamente o a través de instalaciones de comunicación. Además de los aparatos de entrada de datos son necesarios también los de registro, quienes traducen los datos para que la máquina los pueda entender.

Lo mismo sucede con las emisiones de datos. Existen aparatos que sólo sirven para la emisión de datos, como la impresora y la perforadora o aparatos para la emisión de microfilm. Además, existen otros que, aparte de encargarse de la emisión, realizan también otras funciones. A este grupo pertenecen las mencionadas terminales (aparatos de diálogo), como las terminales con pantalla, así como aparatos de almacenamiento como estaciones de cintas magnéticas o *diskettes*.

Uno de los aparatos de emisión más utilizados es la impresora. Existen múltiples modelos; pero existen diferencias considerables respecto a la técnica de la impresión. Por ejemplo, las impresoras matriciales, en donde cada carácter a imprimir está compuesto por un número determinado de puntos reticulados. Las impresoras de caracteres poseen una "margarita" similar a las máquinas de escribir. Las impresoras de línea pueden imprimir líneas enteras en una sola fase de trabajo. En este procedimiento, el papel se imprime mediante una rueda de tipos o "margarita". Esta impresora contiene todos los caracteres posibles en cada uno de los puntos de una línea. Es decir, que en un ancho de línea de 80 caracteres supone 80 veces todas las letras, números o caracteres especiales. Es muy costoso pero rápido. Con mayor rapidez aún trabajan las impresoras de páginas, capaces de imprimir páginas enteras en una sola fase de trabajo. Las impresoras de páginas más rápidas, o sea, las impresoras láser, tienen una capacidad de impresión de más de un millón de líneas por hora. No están consideradas como impresoras mecánicas, pues los caracteres se reproducen mediante un rayo láser sobre un tambor o cilindro fotosensible. También existen impresoras de color, que inyectan sobre el papel puntos de tinta con el mismo sistema de funcionamiento que las impresoras matriciales. También hay impresoras térmicas, que "queman" los diferentes caracteres sobre papel termosensible.

En el futuro alcanzarán gran importancia los aparatos de entrada y salida de lenguaje. Esto último es técnicamente más fácil de realizar. Los datos que se han de emitir se convierten en vibraciones acústicas que se hacen perceptibles a través de un altavoz.

Mientras que hasta ahora lo más importante para poder interpretar el *output* de un ordenador eran los conocimientos de los lenguajes de programas y el funcionamiento de los ordenadores, la emisión acústica tiene la ventaja de que cualquier persona profana en la materia puede obtener del ordenador la información de forma inteligible sin aparato suplementario. Actualmente ya se han puesto en práctica tales sistemas en las informaciones ferroviarias (véase pág. 166).

5. ALMACENAMIENTO DE DATOS

La memoria sirve para guardar la información de un ordenador. Hay que distinguir entre memorias internas, que pertenecen a la unidad central, y externas. La memoria interna corresponde a la memoria del hombre, y la externa puede compararse con catálogos y libros de consulta que el hombre utiliza por no poder o no querer retener en su memoria todas las informaciones. En el transcurso del tiempo se han impuesto diversas formas de almacenamiento. A continuación hablaremos de las más importantes. La finalidad de la memoria externa o periférica es descargar a la memoria central de programas y datos que no se necesitan, pero que en todo momento deben estar accesibles. Según su funcionamiento, se pueden diferenciar aparatos de almacenamiento con acceso directo y aparatos con acceso secuencial. El acceso directo significa la posibilidad de acceder directamente a cualquier punto de la memoria, de la misma manera que se pone el brazo fonocaptor del tocadiscos sobre el punto deseado de un disco. Acceso secuencial quiere decir que las informaciones se tienen que leer en un orden, de la misma manera que para conseguir el sonido deseado en un magnetofón se ha de rebobinar la cinta hacia delante o hacia atrás.

Como comentario al margen, diremos que el almacenamiento de información es un deseo del hombre que viene de antiguo: pense-

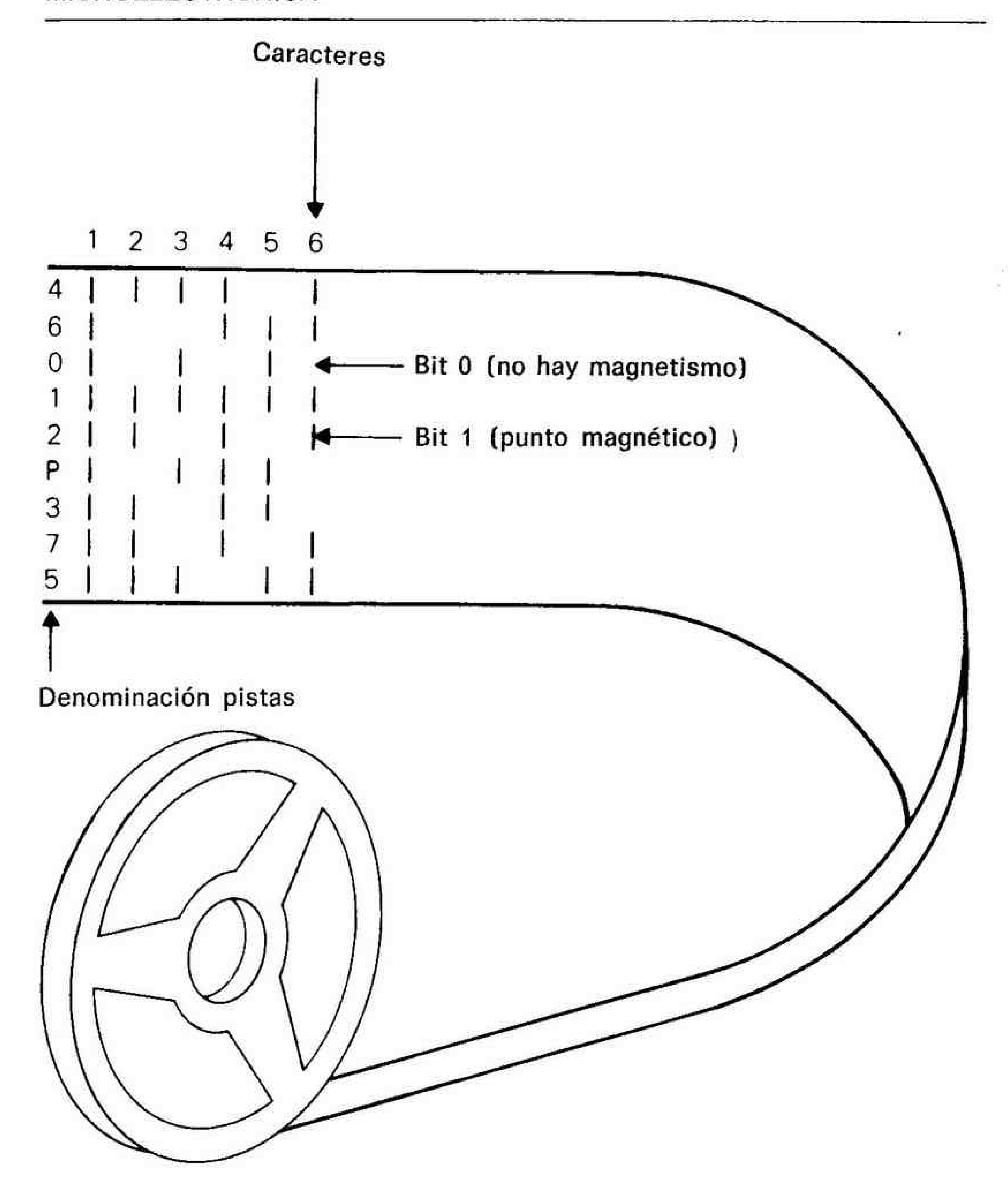


Fig. 13. Codificación digital en cinta magnética.

mos en los jeroglíficos, la escritura ideográfica china y los caracteres rúnicos, que no son otra cosa que medios para almacenar información. Para el almacenamiento externo de datos hoy se utilizan principalmente las cintas magnéticas. Las informaciones se almacenan

sobre una fina capa magnética similar a las cintas de un magnetofón. Varios cabezales magnéticos situados en serie leen y escriben sobre múltiples pistas. Generalmente se utilizan ocho pistas para el almacenamiento de datos y una adicional para errores (fig. 13). Según el aparato y capacidad de almacenamiento, la velocidad de lectura e impresión es de 60.000 a más de 1.000.000 de caracteres por segundo. Estos aparatos están construidos de tal forma que funcionan a gran velocidad y se pueden parar con la misma rapidez que ponerse en marcha. Para conseguirlo, la cinta no se coloca directamente de una bobina a la otra, sino a través de una lazada que se acciona electrónicamente. Los datos están ordenados según un sistema que no vamos a profundizar aquí. Basta con saber que se agrupan por campos y por grupos de datos y que sólo se pueden leer en una dirección cada vez.

Las memorias en discos magnéticos se componen de discos magnéticos; se pueden leer e imprimir mediante un cabezal de escritura y otro de lectura, lo que tiene la ventaja de permitir el acceso directo a la información deseada. Cada uno de estos discos tiene cientos de pistas o surcos. Los discos magnéticos no sólo facilitan un rápido acceso sino que además tienen una enorme capacidad de almacenamiento (fig. 14).

Los *diskettes* y *floppy disk* son modalidades especiales de discos magnéticos: tienen la forma de un disco convencional y están soldados fijamente a una funda de papel. Carecen de surcos y están cubiertos por una capa magnética en ambas caras. Debido a su fácil manejo, se han implantado sobre todo en el sector de oficinas. El inconveniente que presenta es el de su pequeña capacidad de almacenamiento, así como la lentitud en la transmisión de datos. El disco magnético se introduce en el aparato de entrada y salida, o sea en la estación de *diskettes*. En un *floppy disk* se pueden almacenar habitualmente unos 300.000 caracteres por cara.

Las fichas perforadas y las cintas magnéticas o similares son memorias mecánicas. Además, desde hace años existen nuevas formas de almacenamiento basadas en la electrónica, es decir, sin piezas movibles y por consiguiente con un acceso mucho más rápido a las informaciones deseadas. A este grupo pertenece el almacenamiento a través de un semiconductor (véase pág. 60). De momento nos conformaremos con que la memoria a través de semiconductores esté compuesta por miles de pequeños circuitos de conmutación, los cuales mantienen la información 0 y 1. Según la capacidad de almacenamiento, cabe distinguir entre los LSI (*Large Scale Integra-*

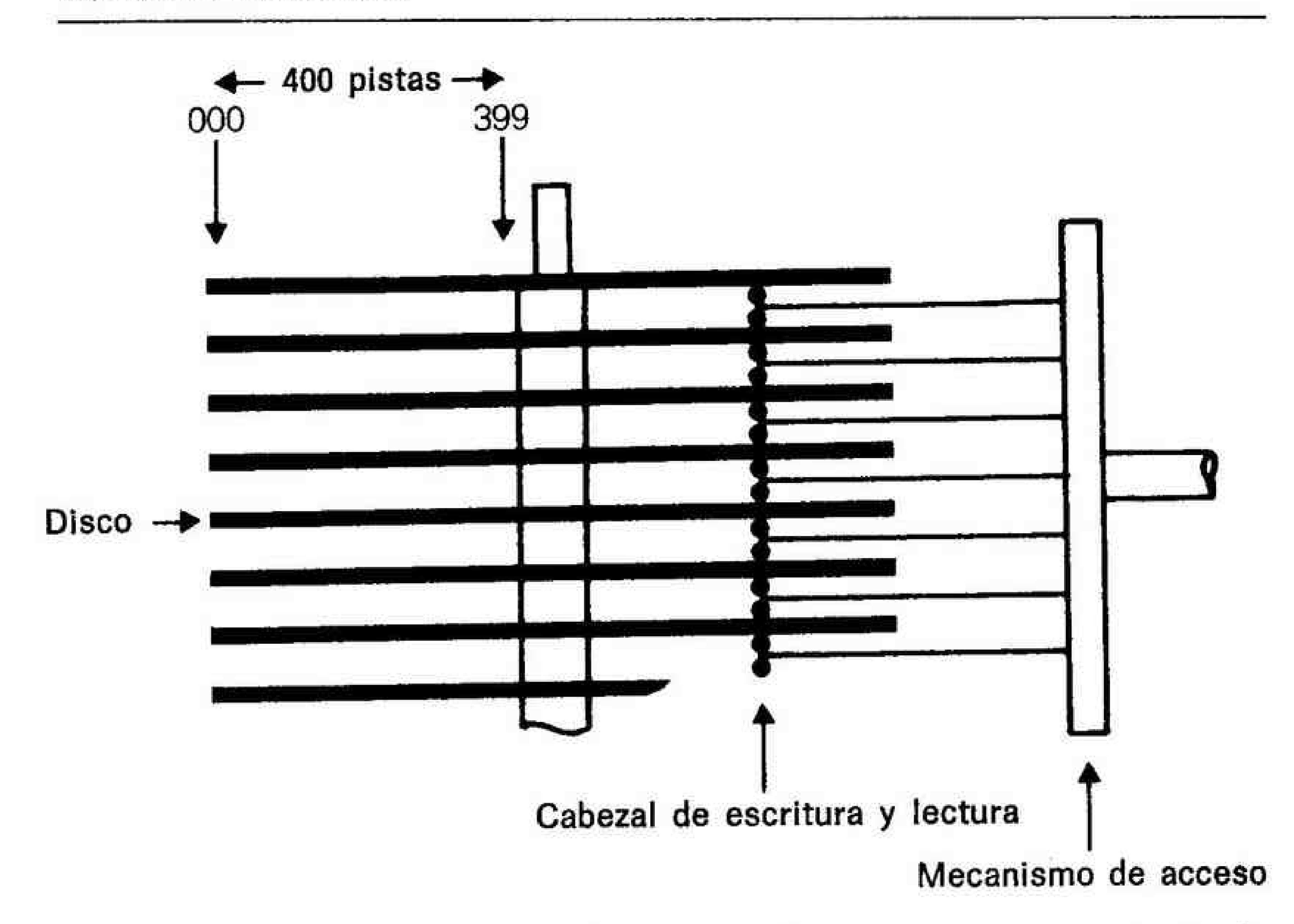


Fig. 14. Composición de un disco magnético para almacenamiento de datos.

tion) y los VLSI (*Very Large Scale Integration*). De estos almacenamientos por semiconductores existen múltiples formas. Las memorias fijas o ROM (*Read Only Memory*) contienen informaciones ya programadas por el fabricante, con posibilidad de lectura pero no de modificación. En caso de corte de suministro de energía, las informaciones no se pierden. Por ejemplo, los programas de una calculadora de bolsillo son de memoria fija y más baratos que las memorias impresas, visuales o RAM (*Random Access Memory*), también llamadas memorias de acceso libre. Éstas son flexibles, pues permiten modificar la información introducida. Sin embargo, al interrumpirse el suministro de fluido eléctrico la información se borra.

Las memorias fijas programables PROM (*Programmable ROM*) son otra versión de los chips de almacenamiento, que pueden ser programados por el usuario una sola vez. El usuario puede almacenar una instrucción que necesite para un determinado trabajo sin tener que prescindir del *Know-How*. Otra novedad son los ROM con posibilidad de programación y anulación, llamados EPROM

(*Erase Programmable Read Only Memory*). La información aquí contenida se puede anular o borrar con luz ultravioleta o con señales eléctricas. El almacenamiento de datos se efectúa a través de un aparato especial. En el futuro alcanzarán una importancia especial dos formas de almacenamiento: el almacenamiento por burbujas magnéticas y el almacenamiento óptico. La técnica de las burbujas magnéticas consiste en la formación, en un material magnético, de pequeñísimas islitas (las burbujas magnéticas). Si desde el exterior se coloca un campo magnético artificial, estas burbujas se moverán formando un círculo, pasando a través de una pequeña unidad de escritura y lectura, a través de la cual se facilitan o se almacenan las informaciones. Como en los otros sistemas de almacenamiento binario, la burbuja magnética corresponde a la posición 1, y la falta de una burbuja corresponderá al 0. Su ventaja es su reducido tamaño: en pocos centímetros cuadrados pueden almacenarse varios millones de bits.

El almacenamiento o memoria óptica funciona mediante haces luminosos: la luz de rayos láser muy concentrada puede hacer pequeños agujeros en una película metálica especial, o bien calentar una capa magnética en diferentes puntos, haciéndole perder su capa magnética. Los almacenamientos ópticos son el disco láser y el disco de imágenes.

La capacidad de almacenamiento es considerable: el contenido de 10.000 páginas cabe en un fino disco de 20 cm de diámetro. La mayoría de los sistemas de discos de imágenes fabricados hasta ahora sólo pueden imprimirse una única vez. Hace poco, una empresa japonesa, Matsushita Electric, presentó una memoria óptica de discos que permite anular y volver a almacenar informaciones.

El almacenamiento holográfico sirve para guardar tridimensionalmente las informaciones digitales. En comparación con los otros sistemas de almacenamiento, aquí los bits no se almacenan en forma de puntos, sino que se reparten por toda la superficie (holograma), con lo que se consigue una mayor seguridad ante las interferencias. ¡La capacidad de almacenamiento puede llegar hasta mil millones de bits por centímetro cúbico!

En la ilustración siguiente se comparan las capacidades de almacenamiento de diferentes memorias. Por capacidad de almacenamiento se entiende "la capacidad que tiene una memoria", es decir, el número de bits existentes, o sean palabras y caracteres. Frecuentemente se indica en K bytes, siendo 1 K = 2^{10}, lo que equivale a 1.024.

6. LA UNIDAD CENTRAL

Las páginas siguientes dan una visión sobre la variedad de los aparatos que se instalan en la periferia de un ordenador. Frecuentemente son más pomposos que la propia unidad central, llamada corazón del ordenador. Como ya hemos visto, ésta se compone de tres partes:

- Primeramente se han de introducir en la memoria de trabajo todos los datos y programas necesarios para el procedimiento. Esta memoria es comparable con la del hombre. La unidad central dispone de varios registros, por ejemplo, el de instrucciones para memorizar la orden que se tiene que llevar a cabo, o el de direccionamiento para memorizar las direcciones de instrucciones.
  Veamos cómo es una de estas órdenes: en general se compone de tres partes: la de operaciones, la de direcciones y diversos complementos. La parte de las operaciones indica lo que se debe hacer (p. ej., transmitir información o efectuar una suma), la parte de dirección indica una o más direcciones (p. ej., los números que se han de sumar); como complementos pueden actuar los signos de comprobación, de instrucciones y otros.
- El mecanismo de dirección regula el flujo de información que va a la unidad central. Establece un orden en las operaciones aritméticas así como la forma en que se ha de dar el resultado. Viene a ser la estación de mando del ordenador. El mecanismo de mando transmite impulsos a los aparatos para que faciliten la entrada y salida, si es eso lo que está programado; da las órdenes al totalizador, si se han de efectuar operaciones aritméticas; o se dirige a la memoria de trabajo, si es que se han de transmitir datos al totalizador.
- El totalizador compara los datos y realiza las operaciones aritméticas (suma, resta, etc.). El totalizador está compuesto de tres circuitos básicos "y", "o" y "no", según la lógica de Boole. Todos los sistemas aritméticos se pueden realizar disponiendo convenientemente estos tres circuitos.

Resumen: los ordenadores sólo trabajan con dos elementos, 0 y 1. El interior de un ordenador se compone de múltiples interruptores que dirigen el fluido eléctrico. En función de si en un punto determinado del ordenador debe fluir o no energía, se representará un ele-

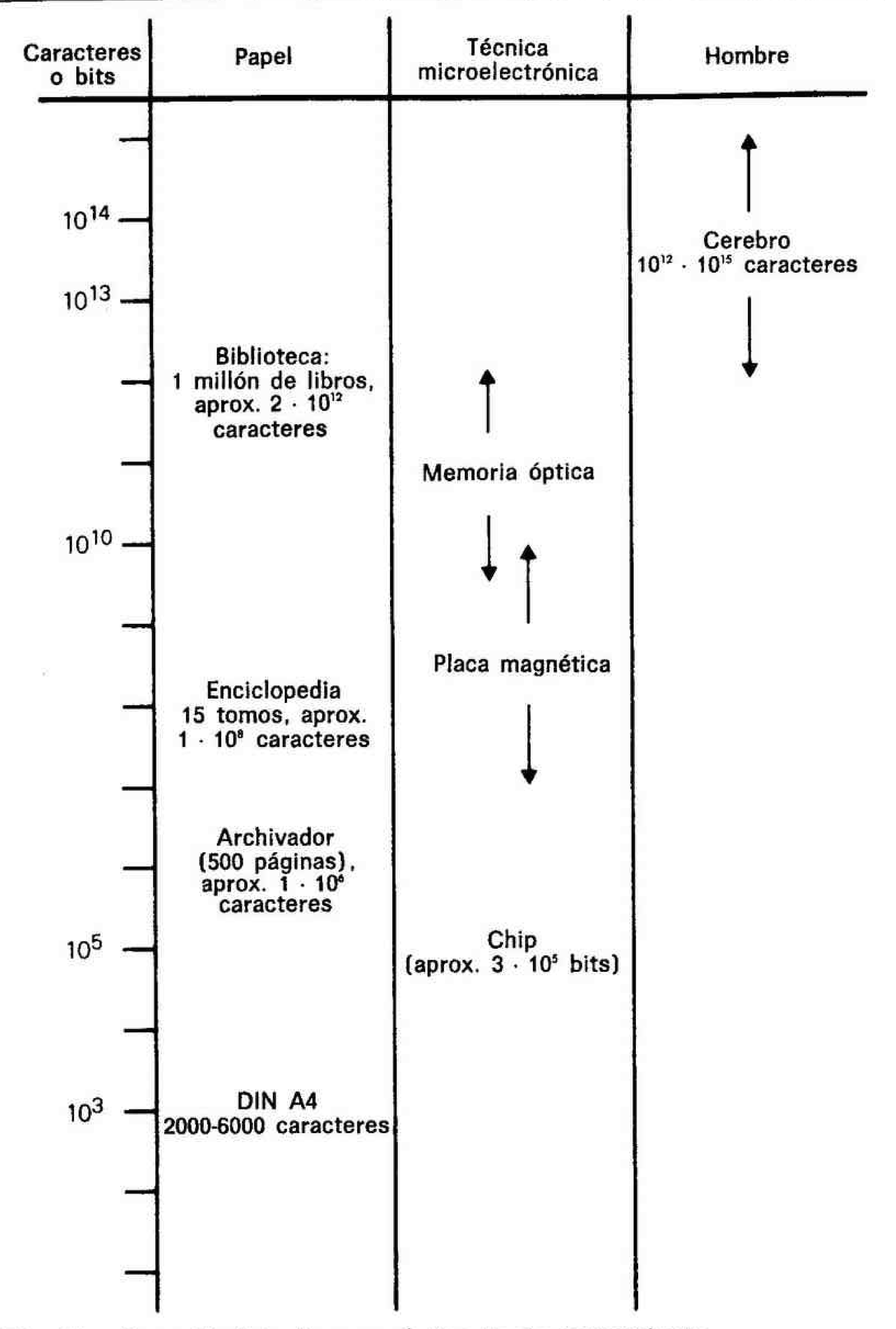


Fig. 15. Capacidad de algunos medios de almacenamiento.

mento determinado. En principio, esto es muy fácil. Los problemas se plantean al fabricante cuando quiere meter en 1 cm^2 miles de interruptores. El funcionamiento de los circuitos de conmutación se estudia en la página 57.

7. SOFTWARE. UN RESUMEN

Con el término *Software* se denominan los programas, es decir, las instrucciones de trabajo que hacen al ordenador capaz de resolver el problema planteado. Como ya hemos visto en las páginas anteriores, estos programas no son otra cosa que una serie de instrucciones lógicas elaboradas de forma muy simple y que, paso a paso, indican lo que un ordenador debe hacer.

También hay sistemas biológicos de almacenamiento de informaciones y que siguen el curso de los programas. El hombre estudia durante 15 ó 20 años las reglas básicas de su programa de supervivencia, tal como lo indica Klaus Haefner. La finalidad de la educación es transmitir al estudiante unos determinados conocimientos. En contrapartida, la programación de ordenadores es una función llevada a cabo por programadores especializados. Últimamente, y cada vez con mayor frecuencia, también lo llevan a cabo personas no entendidas en la materia, quienes de forma autodidáctica adquieren los conocimientos necesarios. De la misma manera que una montaña se puede escalar por diferentes lugares, el programador tiene marcado, en cierta forma, el objetivo, aunque luego tenga varios medios de conseguirlo. Las diferentes fases del programa pueden resultar un tanto primitivas, pero su estructura lógica no lo es en absoluto. *«Programming is not quite a science, there is a touch of art involved»* (programar no sólo es una ciencia, sino que incluye también un poco de arte), así opina William S. Davis, de la Universidad Miami, en Ohio, EE.UU. Por este motivo existen *Software* "mejores" y "peores".

Quien tiene oportunidad de ver a un programador durante su trabajo podrá observar que éste traza un plan a seguir (*Flowchart*) en el lenguaje que el ordenador entiende. En este esquema se señalan por orden todas las fases lógicas que conducen a la solución del problema. El camino hasta la solución puede tener bifurcaciones y algunas de las fases pueden tener que repetirse.

Para la representación gráfica de este esquema de desarrollo del programa existen símbolos normalizados, cuyo significado explicaremos muy brevemente:

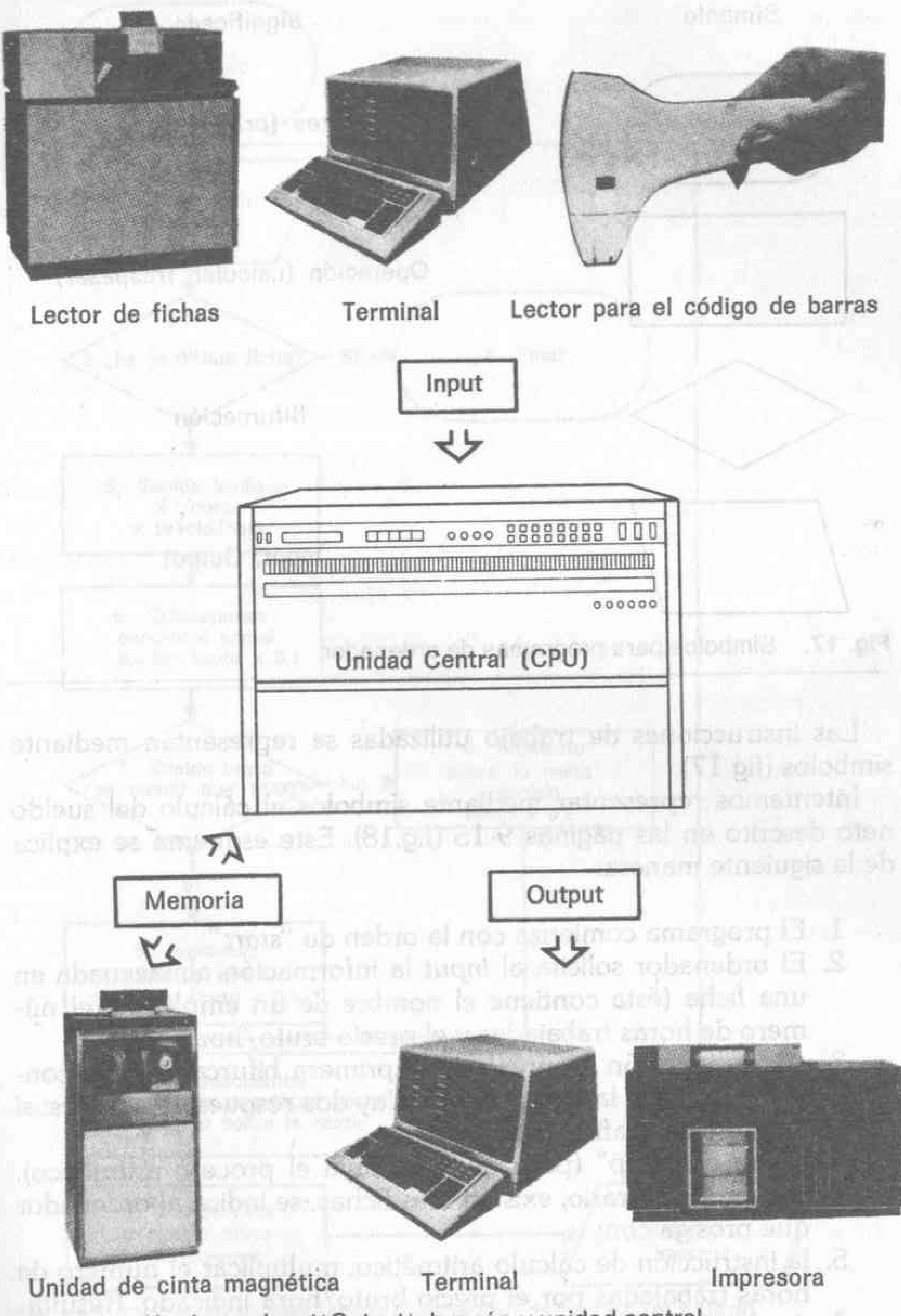


Fig. 16. *Hardware: Input, Output,* almacén y unidad central.

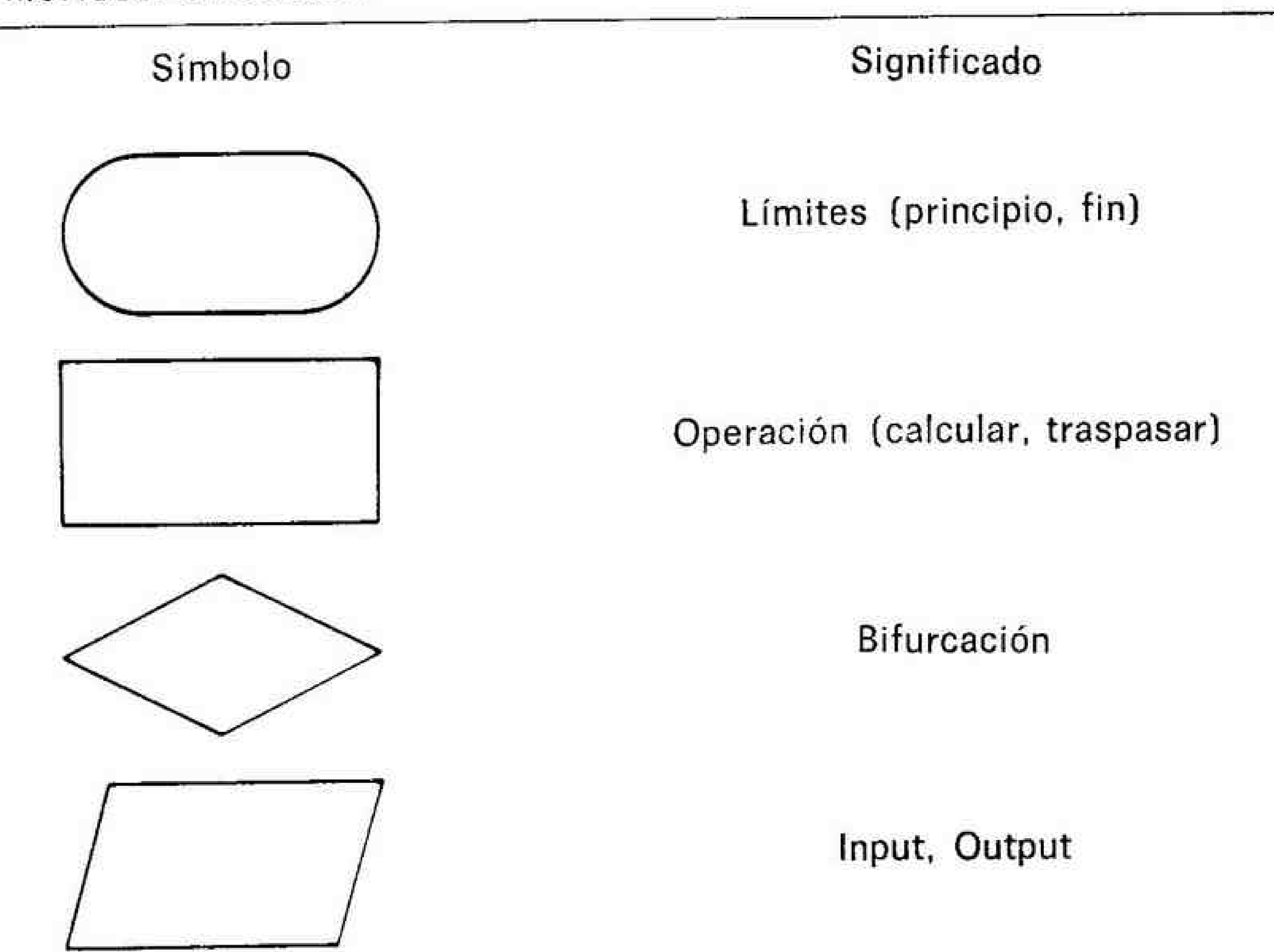


Fig. 17. Símbolos para programas de ordenador.

Las instrucciones de trabajo utilizadas se representan mediante símbolos (fig 17).

Intentemos representar mediante símbolos el cálculo del sueldo neto descrito en las páginas 9-15 (fig.18). Este esquema se explica de la siguiente manera:

1. El programa comienza con la orden de *"start"*.
2. El ordenador solicita al *input* la información almacenada en una ficha (ésta contiene el nombre de un empleado, el número de horas trabajadas y el precio bruto/hora).
3. A continuación se presenta la primera bifurcación. Se consulta: ¿Es ésta la última ficha? Hay dos respuestas posibles: sí y no. En caso afirmativo sigue la:
4. orden de "*stop*" (para que concluya el proceso aritmético). Si, por el contrario, existen más fichas, se indica al ordenador que prosiga con:
5. la instrucción de cálculo aritmético: multiplicar el número de horas trabajadas por el precio bruto/hora indicado. Resultado: precio bruto.

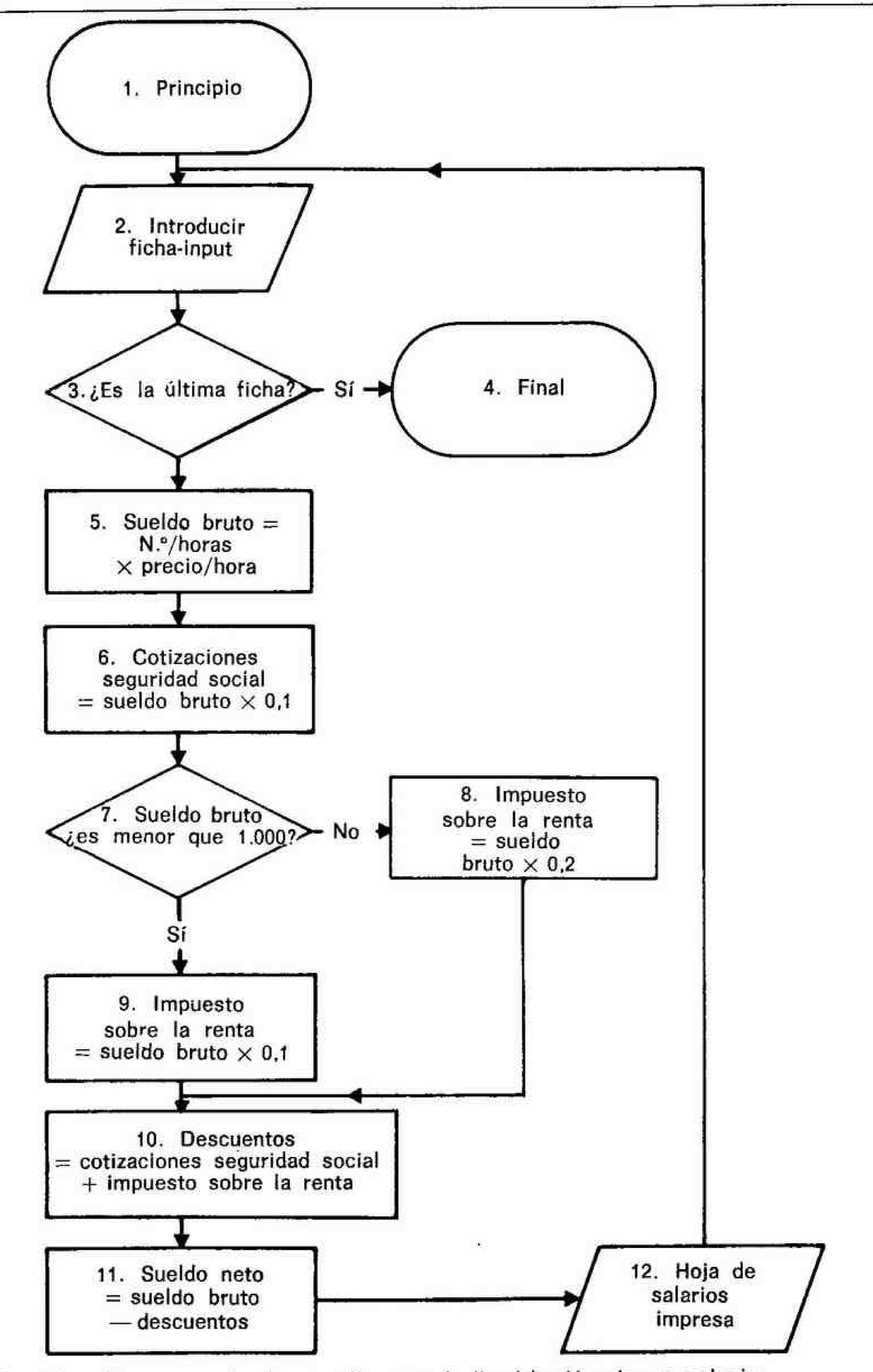


Fig. 18. Esquema de desarrollo para la liquidación de un salario.

6. Sobre la base del precio bruto calculado en el punto 5 se calcula la cotización a la seguridad social.
7. Ahora viene la segunda bifurcación. El cálculo del impuesto sobre el salario depende del propio salario. Para simplificar, hemos elegido dos categorías para nuestro ejemplo: el precio bruto inferior a 1.000 DM tiene una tasa de impuesto de un 10 %; en caso de un precio bruto de 1.000 DM o superior la tasa de impuesto es de un 20 %. Sobre esta base se preguntará: el precio bruto ¿es inferior a 1.000? A continuación siguen instrucciones para dos posibles respuestas:
8. (Respuesta negativa): multiplica el precio bruto por 0,2.
9. (Respuesta afirmativa): multiplica el precio bruto por 0,1.
10. Se suman las deducciones (cotización a la seguridad social y el impuesto sobre la renta).
11. Las deducciones se restan del precio bruto, obteniéndose así el precio neto.
12. El ordenador recibe la instrucción de imprimir la hoja de salario, regresando de nuevo al punto 1.

Con este esquema de trabajo el programador ha concluido la fase de planificación. La fase siguiente será la traducción de estas instrucciones estructuradas lógicamente a un sistema que el ordenador pueda entender, o sea, en series de 0 y 1. Antes de ocuparnos de la descripción de este trabajo tenemos que considerar que en realidad estos esquemas de desarrollo/trabajo tienen un grado de dificultad desigual, por lo que nunca es igual a nuestro ejemplo. Quien en alguna ocasión ha entrado en detalle en el tema "liquidación de un salario" sabrá que existe una enorme cantidad de deducciones, importes exentos de impuestos y recargos, que generalmente están agrupados de forma escalonada según su importancia. Por ello, es necesario que para los programas de liquidación de salario se establezcan unas jerarquías y se clasifique la solución en varios apartados. El principio de funcionamiento seguirá siendo el mismo; la programación resultará más dificultosa cuanto más complejo sea el problema. Resulta, pues, evidente por qué la confección de un programa de trabajo "a medida" es un proceso costoso y en el que se invierte mucho tiempo. Muchos fabricantes tienen dificultades en ofrecer junto con los ordenadores los suficientes programas de trabajo. Quien se encuentra ante la disyuntiva de comprar o alquilar un ordenador debería considerar que el mejor *Hardware* no sirve de nada si no existe el *Software* adecuado para el trabajo. A propósito de *Software*: hemos de subrayar que los hay de dos tipos: *Software* de sistemas y *Software* de aplicación/trabajo. Al *Software* de sistemas corresponden los programas que sirven directamente para el funcionamiento de una instalación de proceso de datos (EDV), es decir, que facilitan el funcionamiento de las diferentes piezas *Hardware* (sistema de funcionamiento). Para la solución práctica de cálculos aritméticos se necesitan *Software* de trabajo suplementarios. Nos referimos a programas como los de la liquidación de salarios o de gestión de procesos, etc.

Volvamos a nuestro trabajo de programación. Sabemos qué instrucciones debemos dar y en qué orden para conseguir una simple liquidación de salario de acuerdo con el ordenador. Después deberemos traducir estas instrucciones al lenguaje del ordenador; esta función se denomina codificación. Supongamos que debemos traducir la instrucción: "sumar los números X e Y". Esta instrucción se dividirá en dos partes:

- La instrucción "sumar" y
- la instrucción "qué números hay que sumar".

Para ambas instrucciones son necesarios los códigos. Se equivoca quien crea que con esto la instrucción de sumar está totalmente formulada. Acordémonos del director, que sólo trabaja cuando se le dice exactamente lo que debe hacer. Esto supone que hay que indicarle dónde debe coger los números para sumarlos, lo que en nuestro caso quiere decir:

- instrucción: trasladar el primer número del *Input* o de otro sitio de la memoria a un lugar determinado de la memoria de trabajo;
- instrucción similar para el segundo número;
- instrucción: sumar los números que ahora se encuentran en la memoria de trabajo, e
- instrucción: qué debe pasar con el resultado.

Para representar nuestro ejemplo de forma práctica vamos a utilizar los códigos que emplean los ordenadores del tipo IBM Sistema/360 y Sistema/370 (fig. 19). El código que corresponde a la instrucción de trasladar un número de la memoria central a la memoria de trabajo es en este caso 01011000. O sea, que las dos primeras instrucciones deben empezar con este código. Recordemos: una serie

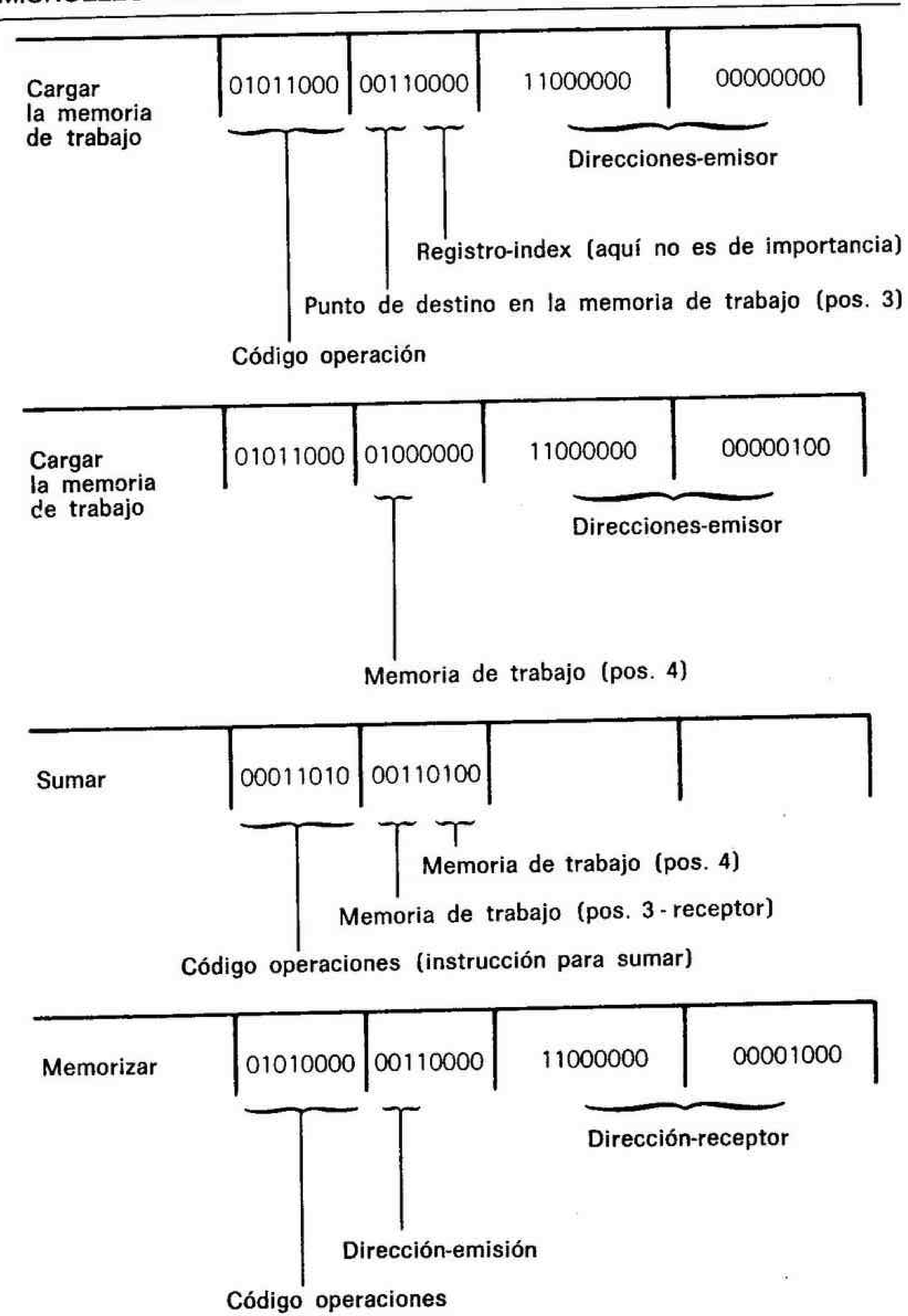


Fig. 19. Traducción al lenguaje del ordenador de una instrucción para una suma.

de 8 cifras = 8 bits es igual a 1 Byte, una unidad muy importante en el lenguaje del ordenador.

El segundo Byte se compone de dos partes: una parte de un código de 4 bits que indica en la memoria de trabajo una posición (punto de destino) y otro código de 4 bits, cuyo significado carece aquí de importancia. Este código podría ser, por ejemplo: 00110000.

Siguen aún 16 bits (igual a 2 Bytes) con la indicación del lugar de la memoria en donde se tiene que coger el número.

La segunda instrucción hace referencia al segundo número, el que debe ser sumado. El proceso de codificación es similar al anterior. Sigue la instrucción de sumar, que tiene el código 00011010. El siguiente código marca en la memoria el lugar en donde se pueden encontrar los números que se han de sumar: 00110100.

Esta instrucción significa que se deben sumar los números de ambas memorias de trabajo y almacenarlos en la primera. Para finalizar, se necesita otro código, el cual incluye la instrucción de trasladar esta suma a la memoria central: 01010000, y además, como en la primera fase, los códigos correspondientes del emisor y receptor. En la página 5 se ha visto cómo está formada esta serie de números. Ahora sabemos lo que ocurre en un ordenador cuando se tienen que sumar dos números. Pero no del todo: veamos algunas de las características del sistema numérico binario para entender cómo funciona la suma con la ayuda del 0 y el 1 en sentido matemático. De la misma manera que en el sistema decimal existen posiciones para las unidades, decenas, centenas, etc., en el sistema binario estas posiciones tienen la función de actuar como exponentes del número 2; quiere decir: la primera posición corresponde a $2^0 = 1$, la segunda $2^1 = 2$, la tercera $2^2 = 4$, la cuarta $2^3 = 8$, etc. Cuando en una de estas posiciones figura el 1, se cuenta el correspondiente valor numérico; en el caso del 0, no. Mediante este procedimiento se pueden expresar todos los números naturales como series de 0 y 1.

Ejemplo: representar el número 83 según el código de 8 bits. Solución:

128	64	32	16	8	4	2	1
0	1	0	1	0	0	1	1

En las posiciones 1, 2, 5 y 7 figura el 1. Se suman los correspondientes valores numéricos (1+2+16+64) y esto da como resultado 83. Según este principio, se pueden efectuar sumas con números binarios. Para ello existen las siguientes reglas de cálculo: 0+0 = 0; 1+0 y

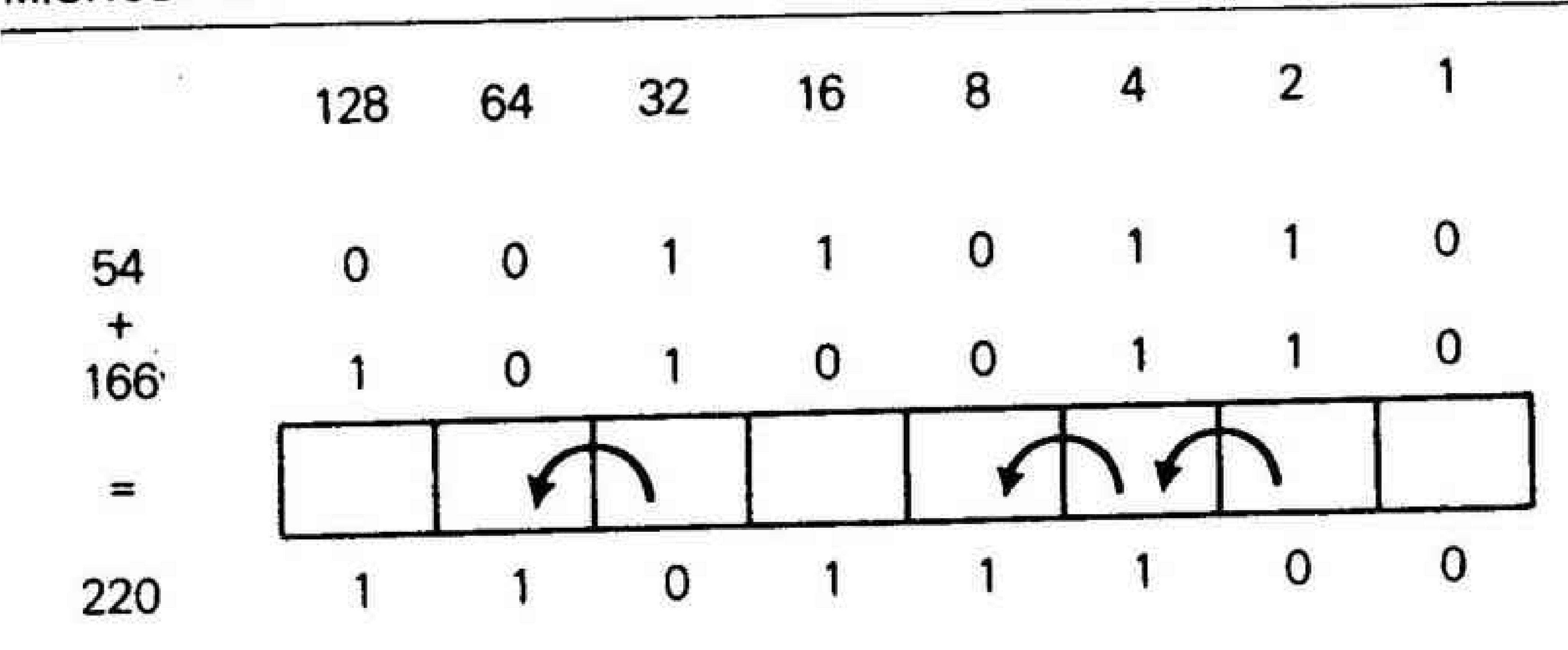


Fig. 20. Sumas en el sistema binario.

0+1 - 1, 1+1 - 0 y se pasa 1 a la próxima posición. La figura 20 muestra con unos ejemplos la suma de los números 166 y 54.

Hemos aprendido tres reglas aritméticas para el cálculo en el sistema binario que corresponden a las combinaciones lógicas anteriormente mencionadas "y", "o" y "no". De la misma manera que 0 y 1 se representan a través de un interruptor, cerrado o abierto, estas combinaciones pueden representarse a través de unos interruptores correspondientes, los cuales dirigen la circulación de electrones de tal forma que se cumplen las reglas de cálculo del sistema binario.

Todo esto en cuanto a la teoría. En la práctica, el cálculo en el sistema binario significa la aparición de miles de series de bits (para trabajos más complicados). Si un programador comete aquí un error sería en extremo difícil detectarlo posteriormente. Por ello, no se tardó en empezar a simplificar el proceso. Tomemos como ejemplo la traducción de la instrucción de sumar en códigos, tal como lo hemos descrito anteriormente. La orden de sumar los números de la memoria de trabajo, o sea los códigos 00011010, se abreviaría con AR *(add register to register)*. O sea, que al escribir AR 3,4 significaría que se han de sumar las memorias de trabajo 3 y 4. Estas abreviaciones simplifican considerablemente el trabajo del programador, y hay que traducirlas posteriormente a series de 0 y 1, únicas que el ordenador entiende. Los programas que facilitan esta traducción se llaman "programas assembler". Pero también podemos hacer esta traducción de otra manera. Si quiero sumar dos números, ¿por qué voy a escribir tres códigos por cada uno para trasladar uno a otra memoria? Para esto existen los llamados "programas

compiler", que llevan a cabo el trabajo de traducir correctamente la instrucción C - A + B, o sea la instrucción de sumar lo anteriormente mencionado (fig. 21). Uno de los primeros programas *compiler* se desarrollaron en los años cincuenta y se denominaron *FORTRAN* (del inglés *FORmula TRANslator*). Un programador FORTRAN puede expresar una lógica de programa en forma de series e instrucciones similares a una ecuación algebraica.

Al programador ya no le interesa cómo se traduce esta serie al lenguaje del ordenador, para ello está el FORTRAN. Éste es un lenguaje de programas en el que a determinados símbolos se adjudican los correspondientes códigos de números. Sobre la base del FORTRAN se han desarrollado otros diversos lenguajes, como el APL, el COBOL, el PASCAL y otros. Podría afirmarse que detrás de esta diversidad de lenguajes se esconde cierta táctica desconcertante seguida por los programadores para dar a su trabajo un carácter algo místico. Pero cualquier experto en lenguajes de programas lo rebatirá, demostrando que no es así: los diferentes lenguajes se han desarrollado para otras tantas aplicaciones, siendo, por tanto, necesaria la existencia de diversos lenguajes. Así, el FORTRAN y el APL (abreviación de *A Programming Language*) los apoyan las aplicaciones de estos lenguajes a las ciencias naturales; y el COBOL (*COmmon Business Oriented Language*) en los sectores comerciales, etc. Estos lenguajes son considerados como lenguajes superiores. Trabajan con símbolos y deben traducirse mediante un *compiler* (traductor) a series de 0 y 1.

Como contrapartida están los "lenguajes de máquinas", que son directamente asimilados por la máquina, es decir, que se componen de 0 y 1. Los denominados "lenguajes orientados para máquinas"

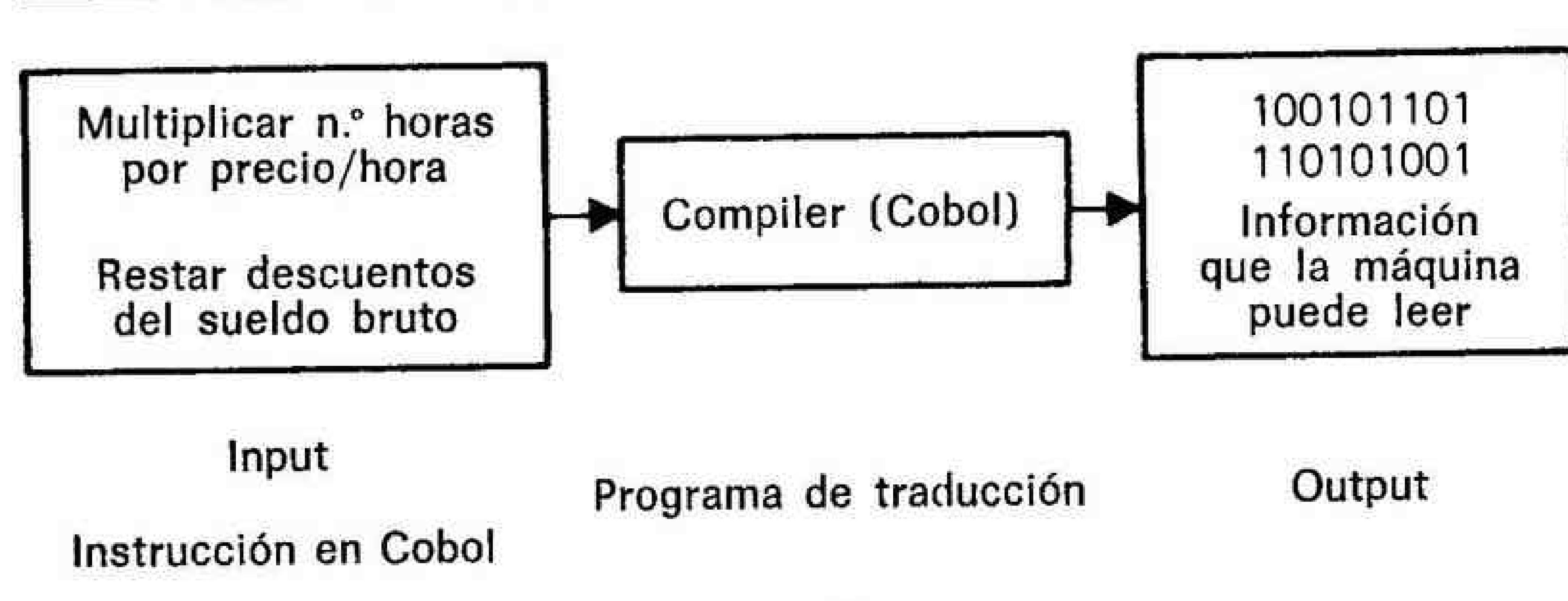


Fig. 21. Función de un programa *compiler*.

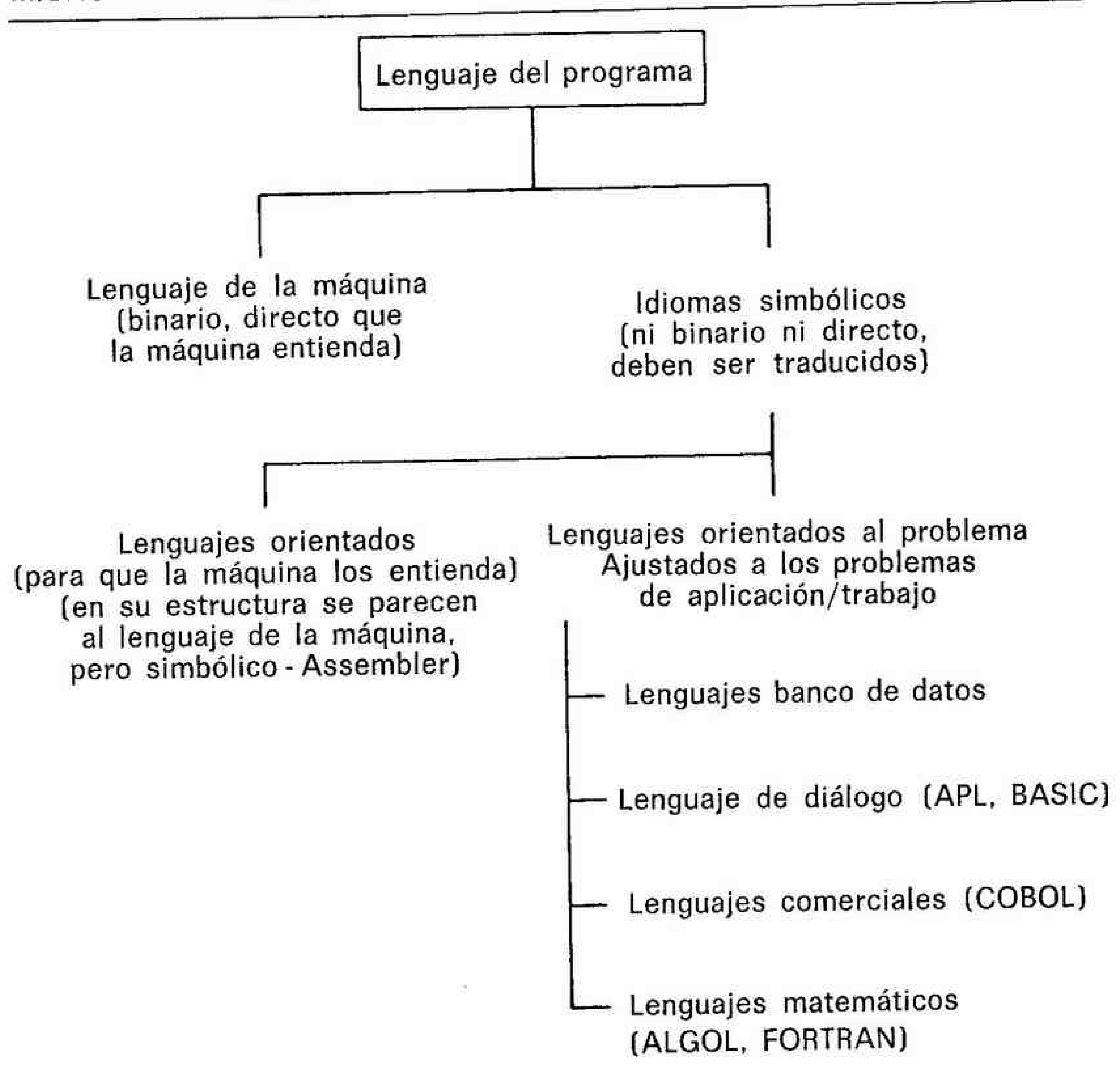


Fig. 22. Clasificación de los lenguajes de programas.

están adaptados estructuralmente a los "lenguajes de máquinas", aunque trabajan con símbolos (también se les llama *lenguajes-assembles*) (fig. 22).

Los primeros ordenadores automáticos se programaron uniendo los elementos de conexión mediante alambres para conseguir la disposición deseada. Para hacer menos pesado este procedimiento, pronto se idearon los programas intercambiables: se usaron fichas, en las que se habían fijado con alambre todas las uniones deseadas. Finalmente, un importante avance hizo posible almacenar el programa entero en la unidad de memoria del ordenador, con lo que el mecanismo de mando podía leer las distintas instrucciones y

construir los circuitos de conexión correspondientes. En todas estas técnicas de programación las instrucciones se introdujeron según el sistema binario. Para el programador, los aparatos de entrada y salida representaron otro importante alivio, pues efectuaban la traducción del sistema decimal al sistema binario. La programación con el sistema decimal resultó poco demostrativa. Por ello se llegó al desarrollo de los *lenguajes assembler*, en los que cada instrucción corresponde a una sola operación. Lo último que se ha descubierto en los lenguajes de programas son los *lenguajes-compiler* ya mencionados. En el mundo actual, compuesto por ordenadores, es imposible evitar que existan muchos lenguajes de programas. No faltan intentos de imponer un lenguaje universal: ya en los años sesenta IBM se esforzó por estandarizar el entonces vigente lenguaje LP/1, pero sin éxito. Cuanto más universal se hace la utilización de un lenguaje, tanto menor es su rendimiento en cuanto a problemas específicos. Actualmente hay un nuevo intento en marcha, éste del Ministerio de Defensa norteamericano con el lenguaje ADA, desarrollado con un elevado coste financiero. El desarrollo de programas de aplicación y trabajo es el cuello de botella en la puesta en marcha de la técnica de ordenadores. Los militares, que siempre han dado un gran impulso al desarrollo de la microelectrónica, quieren, mediante el lenguaje ADA, poner fin a esta diversidad de lenguajes, pues creen que simplificaría a largo plazo el problema de la disponibilidad de *Software*. Muchos expertos creen que, debido a ser el Ministerio de Defensa de Estados Unidos el cliente económicamente más potente de la industria de los ordenadores, la decisión del Pentágono podría ir hacia la estandarización del ADA. Pero esto llevaría años.

En las páginas anteriores hemos intentado dar una idea de lo que es el *Software* y su funcionamiento. Ahora estudiaremos más de cerca el desarrollo de los ordenadores desde el punto de vista histórico.

8. HISTORIA SOBRE LA TÉCNICA DE LOS ORDENADORES

La primera calculadora mecánica, el ábaco, se remonta como mínimo al año 3000 antes de Cristo. Hoy se utiliza todavía, principalmente en Asia. Aparte de esto, los intentos más importantes y la automatización de los procesos aritméticos se dieron a conocer ha-

cia el siglo XVII. Fue en 1642 cuando el francés Blaise Pascal construyó la primera máquina capaz de sumar y restar. Tres años más tarde Gottfried Wilhelm von Leibniz desarrolló la primera calculadora que también multiplicaba, dividía y extraía raíces cuadradas. Debido a su forma de funcionamiento, estas calculadoras mecánicas aún no se podían llamar ordenadores. En 1822, el inglés Charles Babbage construyó el "Difference Engine", precursor del ordenador. Diez años más tarde proyectó un "Analytical Engine" que jamás se llegó a construir. En esta ocasión Babbage preveía ya los aparatos de entrada y salida, que debían funcionar con fichas perforadas, y pensó en una unidad central compuesta de memoria y totalizador.

Después de la Primera Guerra Mundial se comenzaron a instalar máquinas electromecánicas como ordenadores. Podían procesar las fichas perforadas y eran más rápidas que sus precursores del siglo XIX. En 1936, Konrad Zuse desarrolló en Alemania los conceptos fundamentales referentes a los ordenadores automáticos: utilizó el sistema binario y lenguajes de programa muy simples. Por orden

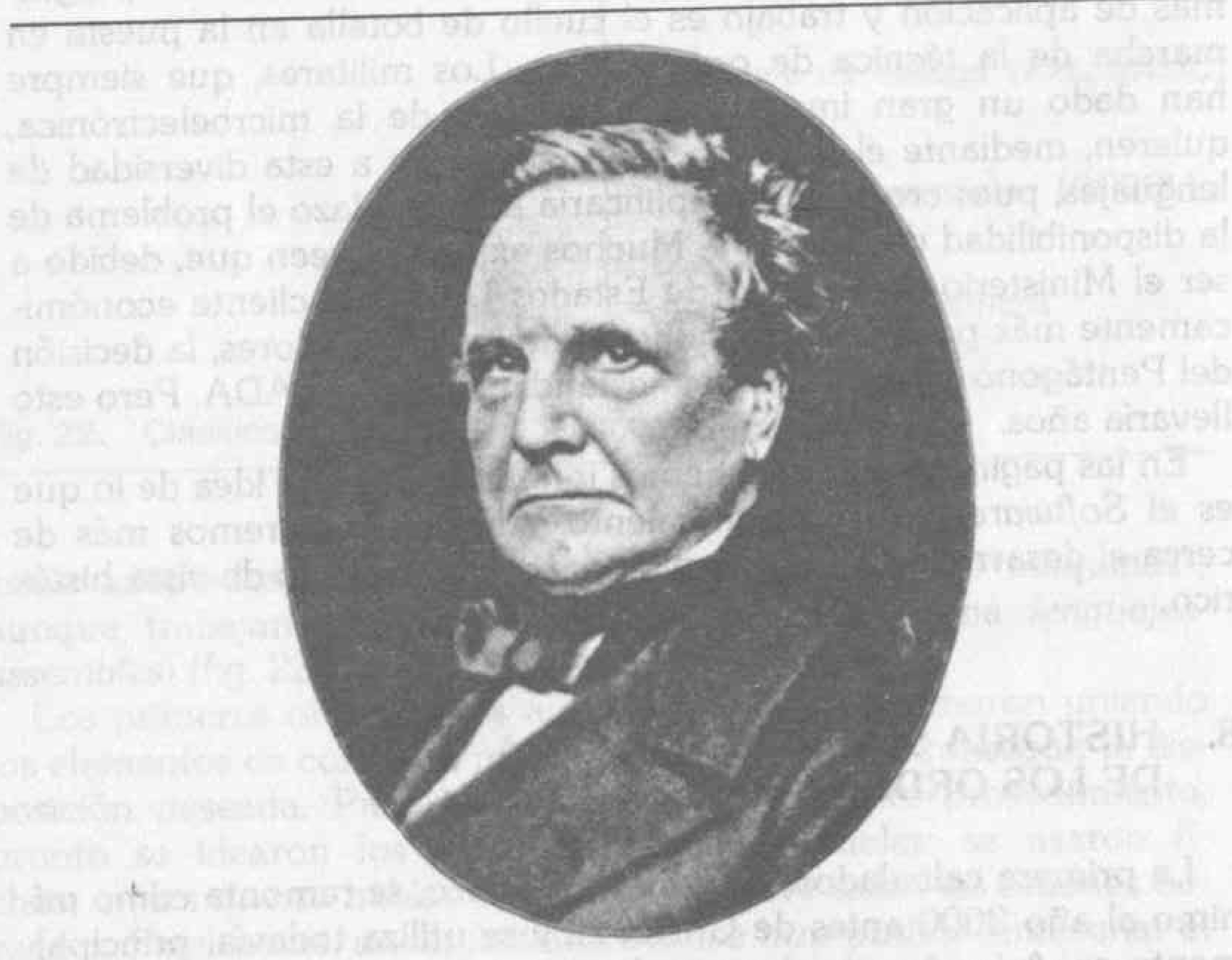


Fig. 23. Charles Babbage (1791-1871), pionero de los ordenadores.

18/7/48 — Kilburn Highest Factor Routine (amended) —

Instrn.	C	25	26	27	line	0 1 2 3 4	13 14 15
-24 to C	$-b_1$	–	–	–	1	00011	010
c to 26			$-b_1$		2	01011	110
-26 to C	b_1				3	01011	010
c to 27			$-b_1$	b_1	4	11011	110
-23 to C	a	r_{n-1}	$-b_n$	b_n	5	11101	010
Sub 27	$a-nb_n$				6	11011	001
Test					7	—	011
Add 20 to Cl					8	00101	100 or 000
Sub. 26	r_n				9	01011	001
c to 25		r_n			10	10011	110
-25 to C					11	10011	010
Test					12	—	011
Stop	0	0	$-b_N$	b_N	13		111
-26 to C	b_n	r_n	$-b_n$	b_n	14	01011	010
Sub. 21	b_n-1				15	10101	001
c to 27	b_{n+1}			b_{n+1}	16	11011	110
-27 to C	$-b_{n+1}$				17	11011	010
c to 26			$-b_{n+1}$		18	01011	110
22 to Cl.		r_n	$-b_{n+1}$	b_{n+1}	19	01101	000

20	-3	10111 etc
21	1	10000
22	4	00100

or 10100

23	-a
24	b_1

	init.	final
25	–	r_N (≠0)
26	–	$-b_N$
27	–	b_N

Fig. 24. El primer programa de ordenador. Datos del cuaderno de notas de G. C. Tootill, Manchester, 1948.

del centro experimental alemán de aviación construyó la primera calculadora-ordenador con programa del mundo, el Zuse Z3. Esta máquina trabajaba con 2.600 relés y era capaz de realizar en 1 minuto hasta 20 operaciones aritméticas. Mientras tanto, Howard H. Aiken comenzó, en la Universidad de Harvard, la construcción de

un ordenador que entró en funcionamiento en 1944 y que se componía de relé, contadores y máquinas IBM perforadoras de cintas. En Manchester, un equipo de científicos participó en la carrera competitiva por el desarrollo de técnicas de ordenadores (fig. 24).

Entre tanto, Claude Shannon inventaba en Estados Unidos los circuitos de conmutación eléctricos, que cumplían los "principios de Boole". El inglés Alan Turing desarrolló el fundamento teórico para la técnica de programación. A principios de los años cuarenta construyó un ordenador que trabajaba con tubos de vacío. Al mismo tiempo, J. P. Eckert y J. W. Mauchly construían en la Universidad de Pensilvania el famoso ENIAC, totalmente electrónico. Estas máquinas resultaron tan caras (ENIAC costó 10 millones de dólares americanos), que se llegó a creer que, como mucho, sólo llegarían a existir en todo el mundo un par de docenas de estas máquinas. En 1948 funcionó por primera vez en Manchester el primer ordenador electrónico y programable. A continuación se empezó su fabricación en serie. Poco después salió al mercado en Estados Unidos el primer UNIVAC, con lo que se conseguía pasar de los ordenadores mecánicos y electromecánicos a los ordenadores electrónicos programados. Éstos hubieran quedado reducidos a verdaderos "armatostes" si hacia finales de los años cuarenta tres científicos del centro de investigación Bell Laboratorien Ende, perteneciente a la Compañía Telefónica Norteamericana, no hubieran inventado el transistor. Sobre este invento hablaremos más detenidamente en las páginas siguientes.

9. DESDE EL ORDENADOR DE ALTA POTENCIA AL ORDENADOR PERSONAL

En los medios de comunicación social se escribe cada vez con más frecuencia sobre el tema de los ordenadores. Y al hacerlo, entran en juego conceptos como *microordenador*, *miniordenador*, etc. De ahí que nos ocupemos más detenidamente sobre el objeto a que hacen referencia estos términos.

Empezaremos por los grandes ordenadores. Reciben el nombre de ordenadores de alta potencia (también se utiliza el término inglés *mainframe*). Los exponentes típicos de estos grupos tienen una capacidad considerable (desde 500.000 hasta muchos millones de bits en la memoria principal) y trabajan a una velocidad increíble: cualquier instrucción se ejecuta en el término de una milmillonésima de segundo. En torno a estos grandes ordenadores se dispone en la mayoría de los casos de aparatos de entrada y salida, así como memorias externas (cintas magnéticas y estaciones de discos magnéticos). Además de la capacidad de memoria y la velocidad en la elaboración, existen lógicamente otras características peculiares de las que no nos ocuparemos más a fondo.

¿Quiénes son los fabricantes de mayor relevancia de estos grandes ordenadores? La posición dominante corresponde a IBM (International Business Machines), una de las multinacionales de mayor envergadura. En las páginas 221 y ss. nos ocuparemos con mayor amplitud de esta empresa. Por ahora baste con dejar constancia de que el lugar privilegiado de IBM comenzó en los años cincuenta con la llamada primera generación de ordenadores, y probablemente se mantendrá en este decenio. Los prototipos más modernos de ordenadores de gran potencia son el sistema IBM/370 y la serie 4.300. Sólo otros pocos fabricantes más disponen de una variedad comparable de modelos de grandes ordenadores. Algunas marcas ofrecen tan sólo productos para un determinado sector del mercado. Así, Hewlett-Packard es conocida en el sector de ordenadores de gran bastidor de tamaño reducido, mientras que Amdahl produce ordenadores gigantescos que cuestan desde 3 millones de dólares. También la concentración en determinados sectores comerciales ofrece la posibilidad de restarle poder al gigante IBM. Así, algunas empresas se han establecido en el mercado como suministradoras de bancos, mientras que otras se dedican preferentemente a grandes ordenadores para sectores científicos, etc.

Últimamente están llegando al mercado unas máquinas que son ampliamente compatibles en su estructura y *software* con IBM, a las

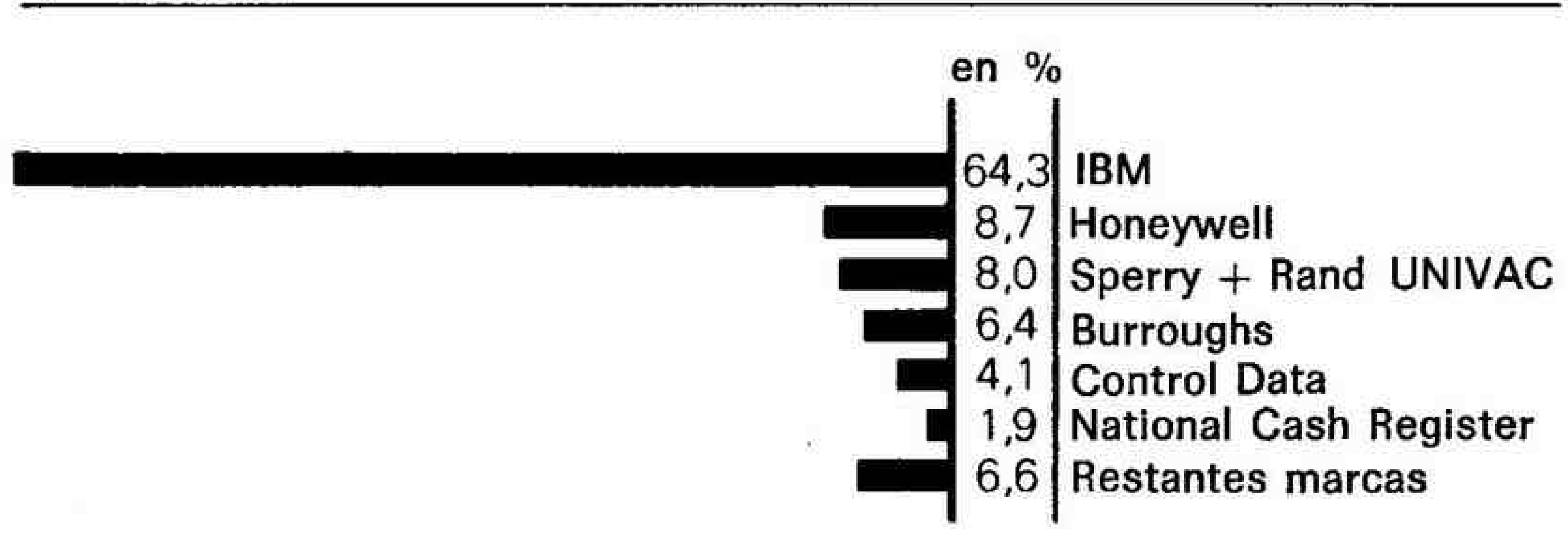


Fig. 25. Participación de los fabricantes de ordenadores de gran potencia en el mercado mundial.

que en la jerga especializada se llama PCM *(Plug Compatible Mainfraimes)*. Los fabricantes de estos aparatos parten de que el punto fuerte de IBM se basa primordialmente en que también puede ofrecer un amplio abanico en el *software*. Los ordenadores que "comprenden" el *software* de IBM y que son fabricados por otras marcas, se aprovechan de los programas IBM, si bien compiten con dicha marca en el sector del *hardware*.

El volumen del mercado mundial ocupado por ordenadores de gran potencia compatibles con IBM se calculó para 1982 en una cifra de 18.500 millones de dólares. La parte correspondiente a IBM y a los aparatos compatibles con esta marca ocupa aproximadamente el 70 %. El resto se lo reparten las empresas del denominado grupo BUNCH (es decir, el formado por Borroughs Corp., Univac, NCR Corp., Control Data Corp. y Honeywell).

Hasta los años sesenta, el término "ordenador" equivalía a ordenador de gran estructura o bastidor. Los progresos conseguidos en la miniaturización de los circuitos integrados han producido últimamente un mercado totalmente nuevo para ordenadores de menor tamaño: los miniordenadores y los microordenadores.

Los miniordenadores cuestan, según su tamaño, alrededor de 35.000 dólares. Son más lentos y tienen menor capacidad de memoria que los ordenadores de gran bastidor. En principio no había suficientes paquetes de *software* para miniordenadores, lo que significaba una gran limitación para su introducción en el mercado. Sólo en los últimos años han mejorado sus condiciones de oferta.

Los primeros aparatos de estas dimensiones se introdujeron para el control y dirección de la producción industrial. Hoy hay toda una serie de empresas que rivalizan por conquistar el mercado del miniordenador, entre las cuales ocupan una posición puntera Digital Equipment Corp. y Data General.

Los microordenadores son ordenadores de menor tamaño estructurados sobre la base de un único microprocesador y que disponen de una capacidad de memoria de varias decenas de miles de bits. Los microordenadores pueden conseguirse ya al precio de unos cuantos miles de dólares. Las posibilidades de aplicación carecen casi de fronteras. Toda una serie de fabricantes se esfuerza por establecerse en este mercado de gran porvenir, pero las condiciones cambian a tal ritmo que apenas pueden sospecharse las tendencias a largo plazo.

Según un estudio de Diebold, hasta el 1 de enero de 1983 se habían instalado en la República Federal de Alemania microordenadores por valor de 400 millones de dólares. El número 1 en el mercado lo ocupa actualmente la firma Commodore, con el 25 %, seguida de Hewlett-Packard y Apple con el 12 % y el 11 %, respectivamente. Se calcula que hasta 1988 el número de microordenadores se multiplicará por ocho llegando a superar la cifra de 2,6 millones de unidades. El máximo potencial de crecimiento se contempla en los ordenadores personales (fig. 26), nombre con el que se designan unos sistemas incluidos en la banda de precios de hasta 500 dólares. No pocos expertos en ordenadores afirman que, en los próximos años, éstos conquistarán el mercado de los usuarios finales, es decir que penetrarán hasta la economía doméstica. Quien se puede permitir el lujo de un buen equipo de alta fidelidad, puede también adquirir un ordenador personal. Esta evolución es causa de que muchos fabricantes busquen nuevos caminos a la distribución de sus productos. A principios de 1983 IBM hizo cundir el temor en el comercio alemán de máquinas de oficina cuando intentó distribuir sus productos mediante otras cadenas comerciales. En Austria se estableció un acuerdo entre la empresa de informática Wang y la poderosa asociación Raiffeisen, la cual empezaría a vender ordenadores a través de sus bancos y almacenes.

Puesto que en este sector la disponibilidad de *software* ha sido más bien escasa hasta el presente, adquieren un ordenador personal todos aquellos que son capaces de programarlo. Pero existiendo suficientes programas de aplicación, cualquier persona formada, aunque carezca de preparación especializada y extraordinarias cualidades técnicas, será capaz también de programar su contabilidad o marcarse un plan dietético equilibrado gracias a su ordenador. En consecuencia, es de esperar que el ordenador personal se convierta en un símbolo de *status* social igual que sigue siéndolo el automóvil.

En todo caso, está claro que la potencia de los ordenadores se ha multiplicado casi por diez mil en los últimos quince años, mientras que el precio por unidad de potencia ha descendido a una centésima de millar. Semejante evolución, rayana en el límite de lo concebible, implica que los conceptos de miniordenador y microordenador se sometan a un vertiginoso cambio de significado: un gran ordenador típico de los años cincuenta disponía de unos 16.000 bits de memoria, mientras que un microordenador de nuestros días dispone por lo menos de esa misma cifra. Lo que a finales de los años sesenta era un gran ordenador, hoy se considera miniordenador. Mientras que en otro tiempo la unidad central de cálculo era la parte más cara de un ordenador, ésta y la memoria se cuentan

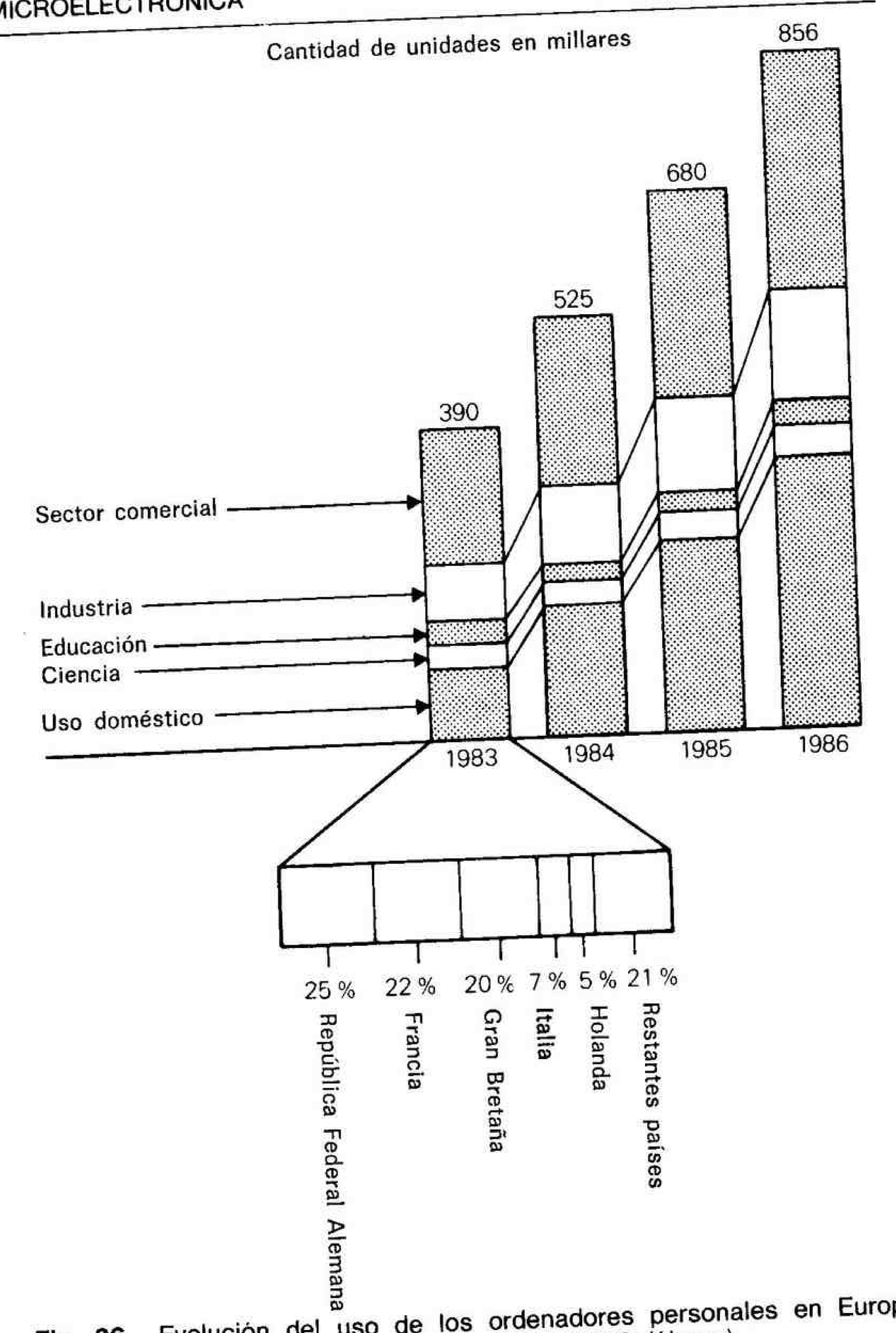


Fig. 26. Evolución del uso de los ordenadores personales en Europa Occidental desde 1983 hasta 1986 (de 325 a 8.200 dólares).

hoy día entre los componentes más baratos, y en cambio los dispositivos periféricos y el *software* suponen la parte más costosa. Los conceptos de ordenador de alta potencia, miniordenador y microordenador tendríamos que entenderlos no ya como definiciones vinculadas a determinadas características (capacidad de memoria o velocidad), sino como conceptos relativos que sólo tienen valor para un determinado nivel de la evolución técnica. No es de extrañar que hasta diversos especialistas entiendan contenidos distintos bajo esos términos.

Al leer las últimas líneas más de un lector se habrá preguntado cómo los técnicos han hecho posible tan revolucionaria evolución. El camino que va desde los "ordenasaurios" de varias toneladas, procedentes de la época de la Segunda Guerra Mundial, hasta las calculadoras programables de bolsillo, se pudo hacer gracias a la colaboración de especialistas de muy diferentes disciplinas y a enormes inversiones procedentes ante todo de la industria armamentística. El núcleo lo ocupaba la llamada técnica del semiconductor, que nació con el descubrimiento del transistor, y del que a continuación nos ocuparemos más a fondo.

10. ¿QUÉ SE ESCONDE BAJO EL TÉRMINO "SEMICONDUCTOR"?

«La electricidad es la conocida propiedad del cristal, la resina, el azufre, la goma y muchos otros cuerpos de que, tras haber sido frotados, al aproximarlos a corpúsculos ligeros como ceniza, trocitos de papel, granitos de mijo, etc., los atraen, retienen y vuelven a soltarlos» (Brockhaus, 1837).

Todo el mundo puede actualmente tener una idea más o menos clara de lo que se designa con el término "electricidad", a pesar de que no sea directamente experimentable, sino sólo en sus efectos, como por ejemplo cuando se oprime el interruptor de la luz o, aún más directamente, cuando por descuido se recibe una sacudida. También los conceptos físicos vinculados a la electricidad, como por ejemplo "tensión", "intensidad" y "resistencia", se nos han hecho muy familiares: en los dos polos de un enchufe existe lo que llamamos una tensión, que suele ser de 220 voltios. Esta unidad se denominó así por el físico italiano Alessandro Volta, quien poco antes de principios del siglo XIX construyó los primeros "elementos eléctricos", que son los antecesores de nuestras pilas, baterías y acumuladores.

Pero el punto de partida de la electrotecnia lo marcó un aprendiz de impresor que se interesaba por la bibliografía científica, el inglés Michael Faraday (1791-1867), uno de los descubridores más geniales de todos los tiempos, que, con el descubrimiento, entre otros, de la inducción electromagnética, estableció un primer paso fundamental en una evolución que actualmente, al cabo de 150 años, nos ha obsequiado con la microelectrónica. Pese a lo interesante que sería recorrer las diversas etapas de esta evolución, tal viaje al pasado nos alejaría mucho de nuestro tema: el ordenador. Por ello saltaremos desde Faraday hasta 1948, que es el año más importante por lo que atañe a nuestro tema.

Y no sólo porque fue entonces cuando George Orwell escribió su fatídico libro *1984* y Norbert Wiener acuñó el concepto de "cibernética". El año 1948 fue también el año en que nació el transistor, aquel principio físico sin el cual hoy día no hubiéramos vivido la llegada del hombre a la Luna, ni podríamos comprarnos una calculadora de bolsillo por el importe de unas pocas horas de trabajo. Es curioso que la gente ignore en general los nombres de sus inventores: John Bardeen, William Shockley y Walter H. Brattain.

El 1 de julio de 1948 el *New York Times* anunciaba en su última página, bajo el título «Novedades de la radio»:

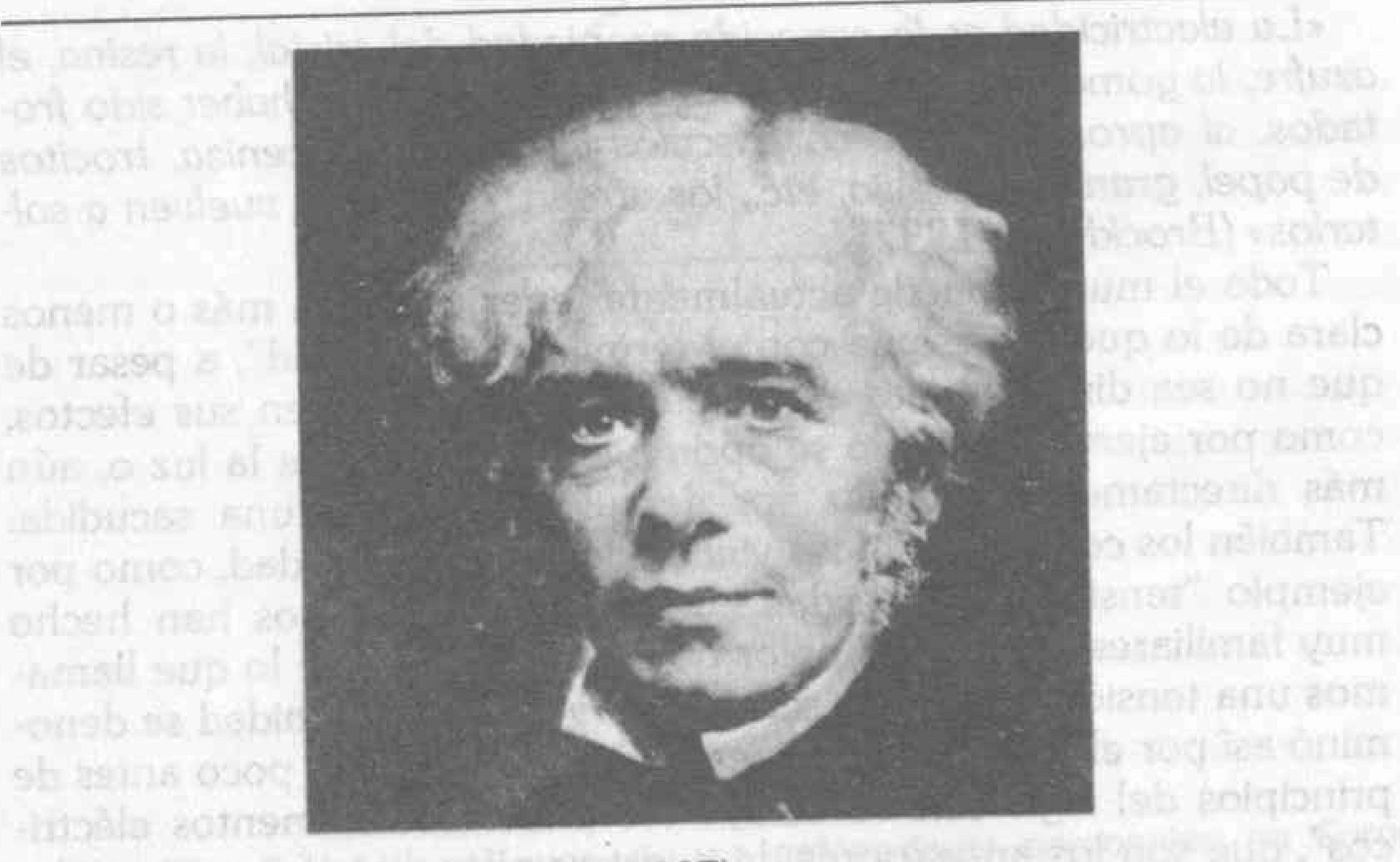


Fig. 27. Michael Faraday (1791-1867).

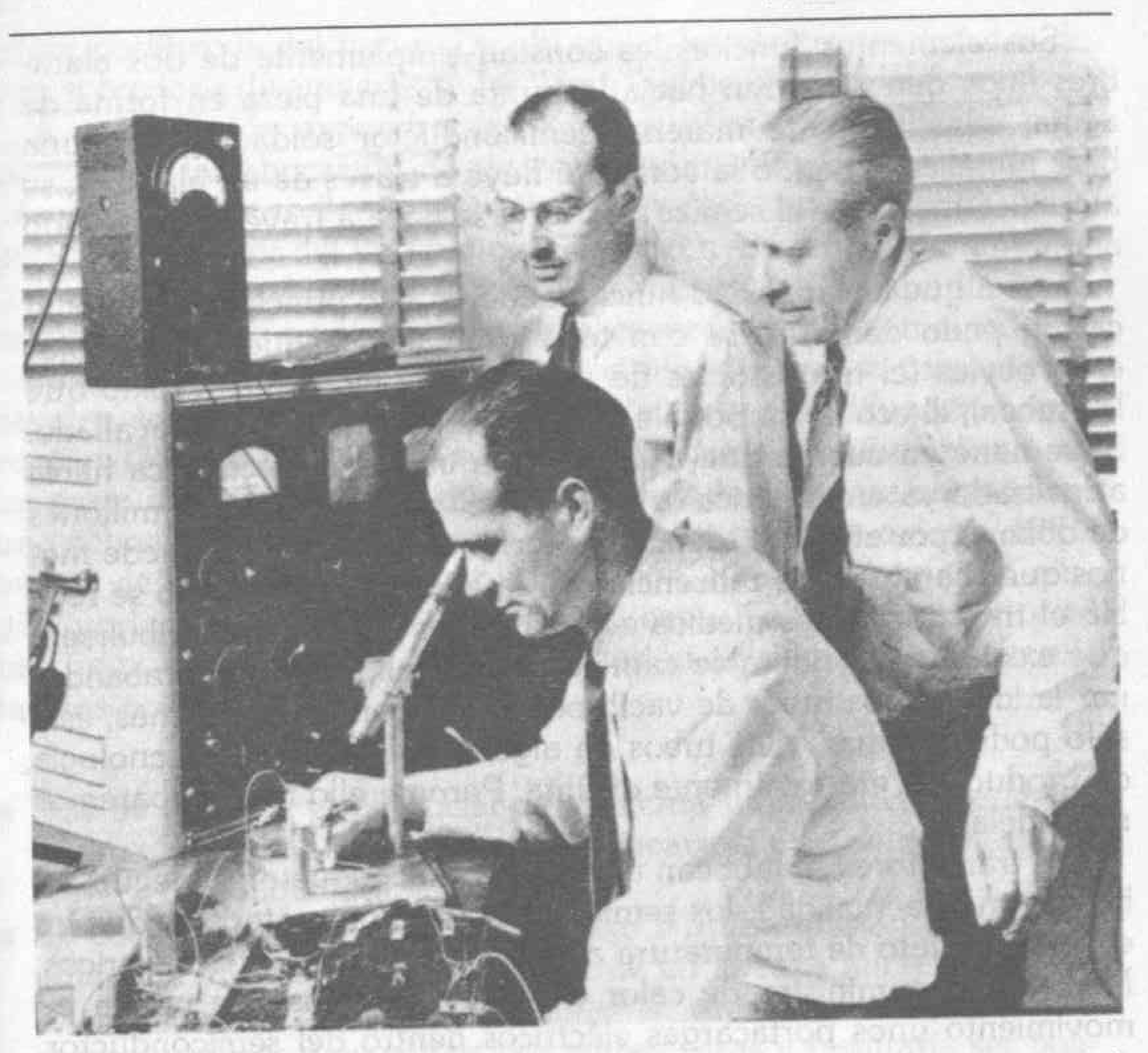


Fig. 28. Los descubridores del transistor: W. Shockley (sentado), J. Bardeen (izquierda) y W. H. Brattain.

«Ayer se exhibió por vez primera en los laboratorios Bell Telefone un dispositivo llamado transistor que puede implantarse en los aparatos de radio en sustitución de los tubos de vacío y que además ofrece otras posibilidades de aplicación. El nuevo módulo se exhibió en un radiorreceptor que no contenía tubos convencionales. También se demostró que puede funcionar en un sistema telefónico y en un aparato de televisión. En todos estos casos, el transistor se implanta como amplificador, si bien se garantizó que asimismo se puede aplicar como oscilador para emitir ondas de radio. El transistor no contiene tubos de gas, ni vacío, ni rejillas. Su aspecto es el de un pequeño cilindro metálico de un centímetro de longitud. Tiene un tiempo de conexión muy breve, pues no necesita ser precalentado.

»Sus elementos funcionales constan simplemente de dos alambres finos que discurren hacia la punta de una pieza en forma de aguja, constituida de material semiconductor soldado sobre una base metálica. Cuando la corriente fluye a través de un alambre, se amplifica mediante el semiconductor y se lleva a través del segundo alambre.»

Pese a que la capacidad funcional del nuevo principio de amplificación pudo demostrarse con toda claridad y a que sus ventajas eran obvias (el transistor es de menor volumen y más rápido que los tubos), el eco de su posible difusión quedó inicialmente acallado. Si se tiene en cuenta que a la sazón la industria electrónica había atravesado ya en América la barrera del primer millar de millones de dólares por año, ese silencio en torno al transistor no puede menos que asombrar. La reticencia con que desde un principio se recibió el transitor en los medios especializados quizá deba atribuirse a que exigía un considerable cambio de mentalidad a fin de abandonar la idea de los tubos de vacío por la del transistor. Además, éste sólo podía sustituir a los tubos en alguna aplicación. La tecnología de producción era totalmente distinta. Pero de ello nos ocuparemos más adelante.

Los transistores se fabrican a base de semiconductores. Según sabemos en la actualidad, los semiconductores son materiales que en el cero absoluto de temperatura actuarían como aislantes eléctricos. Mediante el suministro de calor o energía luminosa, se ponen en movimiento unos portacargas eléctricos dentro del semiconductor. A temperatura ambiente, esta movilidad alcanza un nivel que nos permite hablar de conductibilidad. Se encuentra entre la de los metales y la de los aislantes, por lo que recibe el nombre de semiconductor. Su elemento más importante es el silicio. En todo caso, únicamente en estado de alta depuración muestra unas propiedades reproducibles típicas del semiconductor. Diversos elementos químicos añadidos como complemento en pequeñísimas cantidades al silicio previamente depurado, provocan distintos efectos. Por ejemplo, el fósforo y el arsenio proporcionan al silicio una sobredosis de electrones que permiten la aparición de un semiconductor tipo *n*. Pequeñas cantidades de boro producen el efecto contrario: no se da una sobredosis de electrones, sino de lagunas de electrones o agujeros. Así como los electrones se mueven por el cuerpo sólido y discurren en forma de corriente, los agujeros pueden hacer otro tanto, sólo que los electrones transportan una carga negativa, mientras que los agujeros o lagunas de electrones transportan de hecho una carga positiva: la del tipo *p*. De ahí que a los electrones dotados de una sobredosis de agujeros se les llame "semiconductores tipo *p*".

A continuación expondremos cómo pueden aplicarse estas propiedades a la fabricación de un rectificador eléctrico. Para ello es necesario lo que se llama un paso *p-n*, es decir, una conexión entre un semiconductor del tipo *p* y otro del tipo *n*. En ambos domina inicialmente un equilibrio de carga. No obstante, en la capa limítrofe este equilibrio se perturba porque, a consecuencia del movimiento térmico, los electrones de la zona *n* se difunden por la zona *p* y viceversa, los agujeros de electrones de la zona *p* se difunden por la zona *n*. De esto resulta una sobredosis de carga negativa en una de las caras de la capa límite, mientras que en la otra cara se produce una sobredosis de carga positiva. Como consecuencia de esta distribución de la carga, tiene lugar una tensión. Sin influjo exterior, ningún portacargas fluiría a través de la capa límite, pero si en este paso *p-n* se aplica desde fuera una tensión adicional, pueden resultar dos posibilidades:

- Que se refuerce el potencial ya existente y que en consecuencia la capa límite se empobrezca en portacargas, y así se convierta en barrera no conductora.
- Si, por el contrario, se aplica al paso *p-n* una tensión exterior de polaridad inversa, la tensión existente en la capa límite se reduce a la tensión externa. La capa límite se vería invadida por portacargas positivos y negativos por ambas caras y resultaría ser buena conductora: fluiría la corriente y aumentaría a gran velocidad con tensión aumentativa.

En los tratados de electrotecnia suelen hallarse con frecuencia conceptos como los que aquí hemos utilizado: por ejemplo "conductor *p*", "capa de bloqueo", etc. Con estos términos se pretende explicar los procesos físicos que tienen lugar en el semiconductor. Pero todo intento de penetrar más a fondo en esta cuestión necesita valerse de los modelos tomados de la mecánica cuántica. Éstos resultan comprensibles, como máximo, para el teórico especialista, mientras que el profano apenas puede defenderse en la práctica sirviéndose de los conceptos que le ofrece la física moderna de los cuerpos sólidos. De ahí que nos quedemos con nuestro modelo explicativo elemental, aunque no olvidemos que se trata de una exposición simplista.

¿Cómo se llegó desde el semiconductor al transistor o desde el rectificador al amplificador? Puesto que hay diversos tipos de transistores, nos ceñiremos a uno de ellos, el llamado transistor de contacto de superficie. Nos interesa ver cómo funcionan los semiconductores.

El transistor de contacto de superficie consta en principio de dos rectificadores instalados en serie, según aparece en el croquis, compuestos de dos capas *p* y una delgada capa *n* situada entre ambas (fig. 29). La capa *p* de la izquierda se llamará emisor y a la de la derecha le daremos el nombre de colector. Llamemos base a la capa *n* situada entre ambas. Supongamos que entre el emisor y el colector se ha aplicado una corriente continua, es decir, que la dos capas *p* se conectan mediante una batería. Pues bien, si la capa *p-n* tiene los polos en el sentido de paso, los portacargas fluirán desde la capa *p* hasta la capa *n*. Una parte de ellos discurrirá sobre el contacto asentado en la base (corriente de base). Presuponiendo la situación dada de los polos, la segunda capa límite, el paso de la región *n* a la *p*, es, en cambio, una capa de bloqueo.

Pero puesto que la zona de la base es muy fina (de 0,1 hasta 0,01 mm), los portacargas fluyen, no obstante, por la capa de bloqueo hacia el colector (corriente del colector). Y ahora viene lo

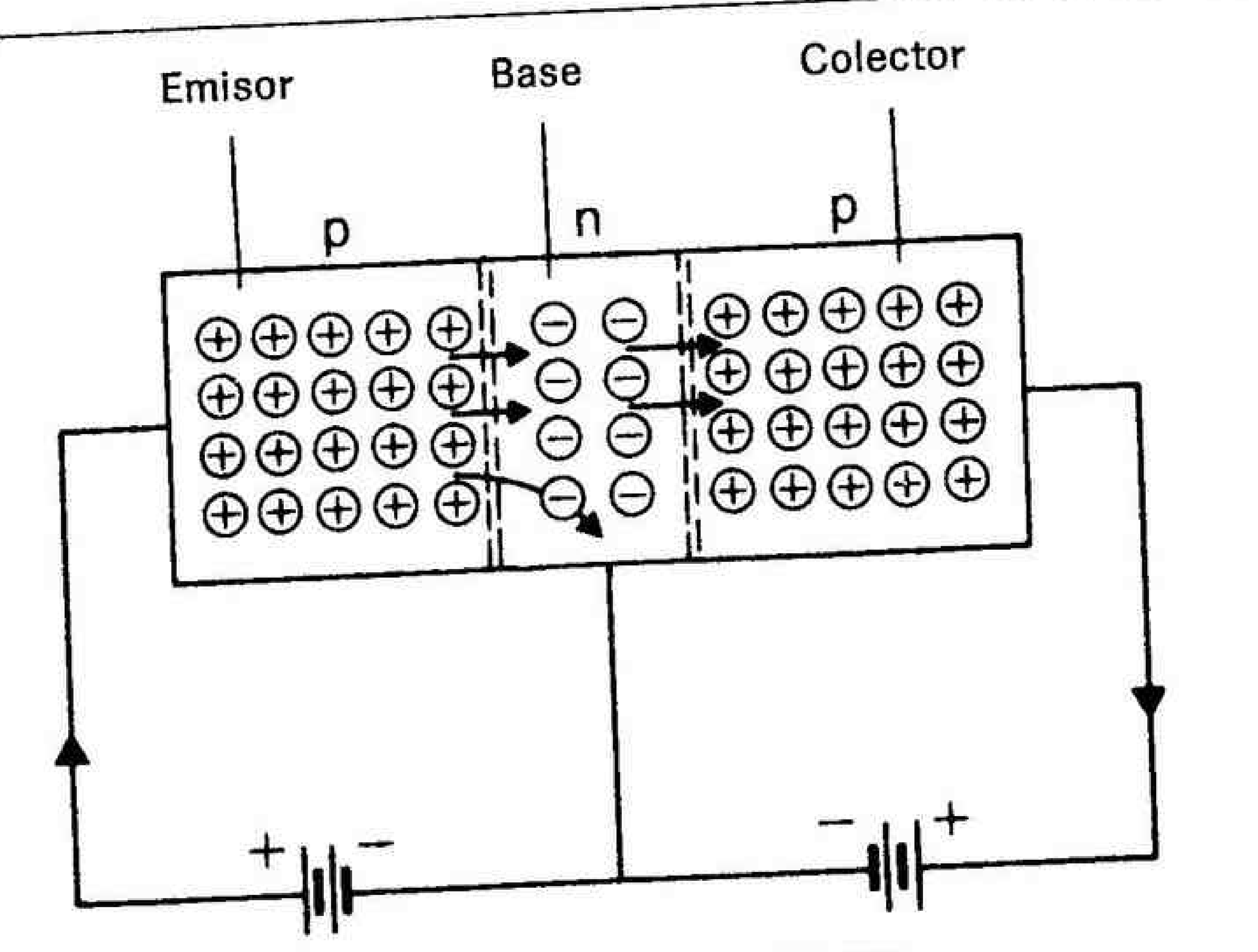


Fig. 29. Esquema de conexiones de un transistor *pnp*.

esencial: entre corriente de base y corriente de colector y las tensiones que se dan en las diversas superficies límites, existe toda una serie de conexiones matemáticas que el técnico en electrónica puede calcular y predeterminar. Si quiere obtener un efecto de refuerzo, se interesará por la relación entre corriente de colector y corriente de base: al hacerse la llamada conexión del emisor, una corriente menor de la base controlará a una corriente de colector que supere a aquélla exactamente en esa relación de amplificación. En otras palabras: el transistor hace grandes las pequeñas modificaciones de la corriente.

De lo dicho resulta lógico, sin más, el mayor o menor efecto de amplificación que puede conseguirse según la finura de la capa intermedia, según el espesor de que esté "dotado" el material de silicio, es decir, de impurezas de átomos extraños, y según el orden que se observe en cada intento. Por tanto, amplificar no es en principio sino controlar una corriente más intensa con otra relativamente menos intensa. En este principio se basa un número ilimitado de aparatos eléctricos.

En la radio, por ejemplo, se captan ondas electromagnéticas de débil energía y se amplifican de tal forma que podemos oírlas como ondas acústicas. Los tubos de vacío lograban esta amplificación desde tiempos inmemoriales igual que lo hacen ahora los transistores. Pero si se hubiera renunciado a las ventajas ya enumeradas de estos últimos, no hubiera sido posible la difusión de la radio y la televisión.

Otra rama de la ciencia y de la industria que habría quedado estancada si continuásemos trabajando a base de tubos sería la industria de los ordenadores. Recordemos: el principio del ordenador digital consiste en adoptar decisiones de "sí" o de "no" a una gran velocidad. La correspondencia matemática de este principio es el sistema binario de números en el que sólo hay dos símbolos, 0 y 1, y en la tecnología este principio se corresponde con el interruptor que se conecta y se desconecta.

Si se tiene en cuenta que un ordenador sencillo necesita decenas de miles de interruptores que deben funcionar de acuerdo con un programa preestablecido, resultará evidente el dispendio de fuerza y recursos que en los comienzos de la era del ordenador hubo de hacerse, toda vez que estos interruptores cristalizaban en los tubos (uno de los primeros ordenadores, el ENIAC, contenía 18.000 tubos de vacío, 70.000 resistencias y 6.000 interruptores, y su peso era de 30 toneladas).

Los técnicos de la microelectrónica, pues, formaron parte de aquellos pioneros que captaron la evolución iniciada por los tres investigadores de los laboratorios Bell, porque no dudaban de que con semiconductores podrían fabricar interruptores de menor tamaño, más fiables y más rápidos que los tubos (véase página 64). Idéntico nivel de interés, al menos, demostraron tener los militares, que en la evolución de la técnica del semiconductor habían desempeñado un papel decisivo durante la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos.

El silencio que se produjo tras el anuncio de la nueva técnica del semiconductor en el *New York Times* de 1948 no duró mucho tiempo: en 1956, los tres científicos del laboratorio Bell consiguieron el premio Nobel. Con todo merecimiento, según podemos ver actualmente.

11. LOS TRANSISTORES SON CADA VEZ MÁS PEQUEÑOS

Si importante fue la evolución del transistor en cuanto etapa en el camino hacia la microelectrónica, no menos lo fue el camino desde el transistor de 1948 hasta el actual reloj de pulsera programable. De esto nos ocuparemos más detenidamente a continuación. A comienzos de los años cincuenta se impuso la opinión de que el transistor no tenía un futuro industrial muy boyante. Los fabricantes tradicionales de tubos empezaron a progresar en la fabricación de nuevos amplificadores, pero también hubo muchas empresas de nueva creación que de la noche a la mañana consiguieron posiciones importantes en el mercado. Al parecer, se debía a que la fabricación industrial de transistores exigía unas técnicas productivas totalmente nuevas para aquellos tiempos.

La participación correspondiente en el desarrollo de los métodos de fabricación de módulos semiconductores dispuso, y sigue disponiendo, de un valle situado al sur de San Francisco, en la soleada California. William Shockley, a quien ya hemos conocido como uno de los inventores del transistor, abandonó en 1954 los laboratorios Bell para fundar su propia empresa en dicho valle. Si bien la empresa acabó fracasando, implantó los principios básicos en que se apoyaría un vigoroso desarrollo económico: aquella comarca en que se había establecido Shockley es hoy famosa en todo el mundo especializado gracias al nombre de Silicon Valley distintivo de un panorama caracterizado por la "mentalidad de los buscadores de

oro", en que se ha trabajado preponderantemente con gran riesgo de inversores privados y en que se han conseguido muchos éxitos, aunque también se han suscitado un buen número de pleitos. Silicon Valley es el centro mundial de la técnica de semiconductores: una de cada ocho empresas norteamericanas de microelectrónica tiene allí su sede. Alrededor de una quinta parte del mercado mundial, que en 1982 se cifraba en diez mil millones de dólares, aproximadamente, en el sector de circuitos integrados, debe atribuirse a los innovadores de Silicon Valley. Muy cerca de allí se encuentran las Universidades de Stanford y Berkeley, donde se desencadenaron muchas tendencias evolutivas de capital importancia en el sector de la microelectrónica. No era infrecuente que el rápido ascenso hacia una empresa de rango mundial tuviera sus comienzos en un garaje de aquel lugar, como fue el caso de Bill Hewlett y Dave Packard, cuya empresa se extiende hoy, al cabo de una generación, por todo el mundo con unos 67.000 colaboradores y una facturación de 4.300 millones de dólares al año. Pero contentémonos con esta breve descripción del fascinante capítulo de la historia económica, pues lo que ante todo nos interesa es el núcleo primordial: ¿qué es lo que se esconde bajo el término *miniaturización*?

La innovación quizá más importante en la fabricación de semiconductores es la técnica plenaria, que consiste esencialmente en una serie de tres procesos: oxidación, cauterización o grabado anódico y difusión. Primeramente se oxida un disco de silicio en su superficie. La capa de óxido de silicio así producida tiene efecto aislante. Se recubre por encima con un material polímero fotosensible, sobre el cual se puede grabar una determinada muestra mediante una adecuada aplicación de la luz, lo que constituye una técnica que se ha extendido en artes gráficas con el nombre de fotolitografía.

El recubrimiento de la capa semiconductora con el polímero tiene la finalidad de provocar una determinada sensibilidad ante ciertos productos químicos allí donde se aplique la acción de la luz. De esta forma se consigue grabar anódicamente en determinados puntos preestablecidos de la capa de polímero. No es ésta la que importa, sino la capa de óxido que queda libre en algunos puntos. Con otros productos químicos que no atacan al polímero se puede luego grabar anódicamente el óxido y dejar libre la capa semiconductora situada debajo. Así obtenemos una muestra de superficie en algunos de cuyos puntos aparece el silicio, mientras en otros permanece la capa protectora. Se difunden elementos químicos en la superficie de silicio y a esta operación se la llama "dotar" al semiconductor.

Según sea, por ejemplo, fósforo o boro el elemento que se difunda, se obtendrán transistores del tipo *n* o del tipo *p*, respectivamente. Como es lógico, este proceso puede repetirse varias veces.

Al principio, este método se aplicaba con el fin de fabricar un gran número de transistores a partir de un disco de silicio, el cual se fragmentaba luego en muchos "chips" (término inglés correspondiente a "trocito"), y cada chip correspondía a un transistor. Entonces podían montarse los correspondientes contactos.

El proceso se valoró comercialmente por vez primera en el año 1959. La difusión a gran escala del principio del transistor en producciones en serie había durado, pues, once años. Pero así comenzó al mismo tiempo la primera fase de una caída de los precios que aún hoy no ha terminado: desde 1957 a 1963, el precio de los transistores de silicio bajó a una octava parte.

La trascendencia decisiva del proceso no radicaba tanto en ser un método muy avanzado de fabricación de transistores, cuanto en el hecho de que posibilitara el paso siguiente en la fabricación de transistores: el circuito integrado (*Integrated Circuit;* abreviado, IC).

En una mirada retrospectiva, la evolución aparece lógica: puesto que no era posible fabricar con una técnica perfecta transistores y otros elementos electrónicos en grandes cantidades, los fabricantes empezaron poco a poco a sustituir los tubos por semiconductores, tanto en los aparatos de radio como en el teléfono y en los ordenadores. Precisamente en estos últimos se necesitan muchos miles de elementos, que al principio se conectaban a mano siguiendo un plano de conexiones. Ardua tarea. Pronto quedó patente que los gastos de conexión o montaje resultaban considerablemente superiores a los gastos de material. Ya a comienzos de los años cincuenta los técnicos tuvieron la idea de integrar los circuitos en una sola pieza de silicio, de tal forma que las conexiones entre los diversos elementos funcionales vinieran dadas simultáneamente. Veamos cómo funciona la conmutación de 0 y 1 en una conexión dentro de un transistor MOS (abreviatura de *Metal Oxide Semiconductor*, es decir, semiconductor de óxido metálico). En la figura 31 se puede ver, primeramente bajo un mismo bloque de silicio con electrones móviles, dos vanos situados arriba y separados espacialmente entre sí. Son de silicio con orificios móviles, y encima de ellos hay una capa aislante de óxido de silicio con tres conductos.

Cuando se conecta el transistor, su conducto central se somete a tensión. En nuestro ejemplo, este conducto central tiene un polo positivo, es decir, que atrae hacia sí los electrones de carga negativa.

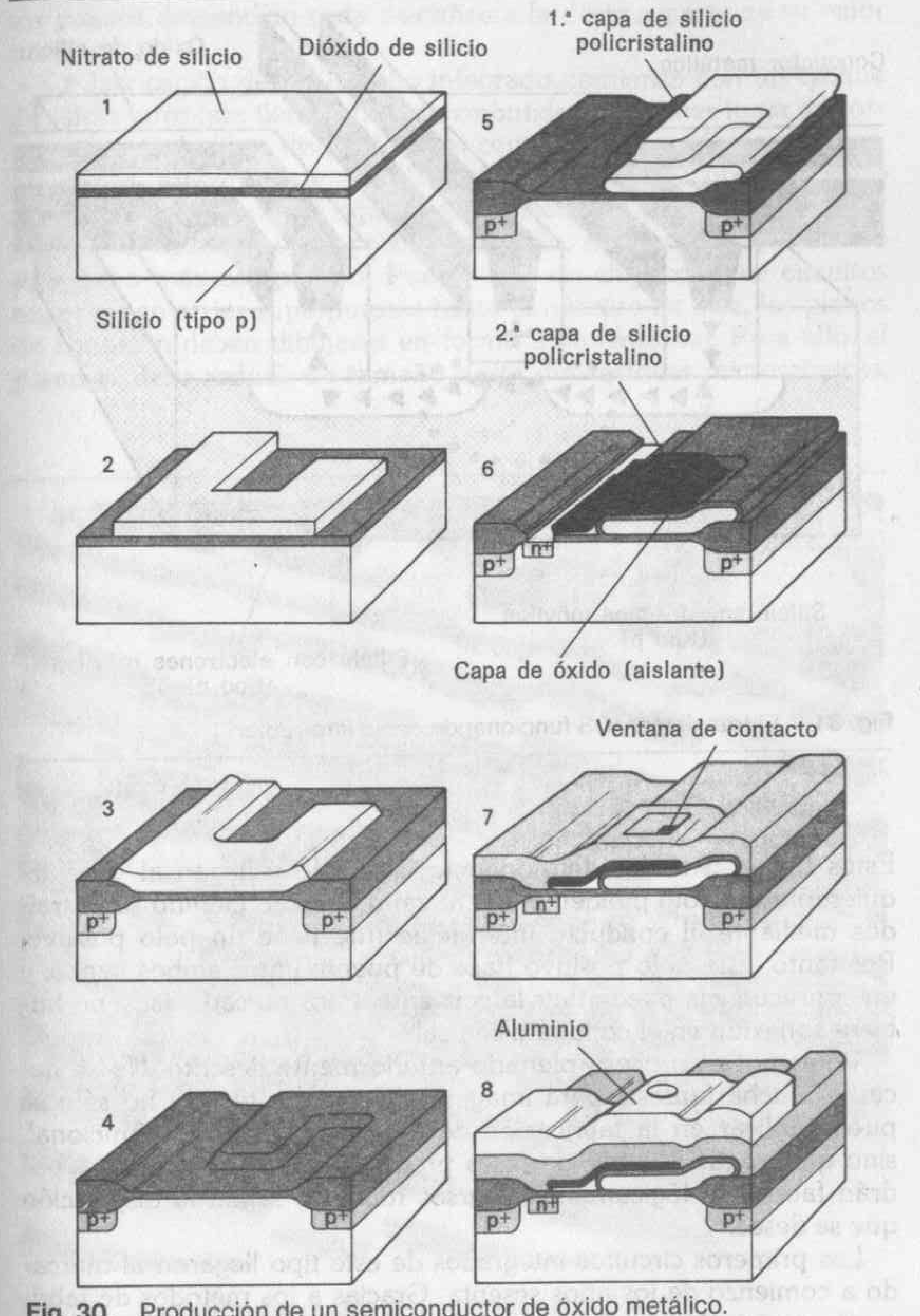


Fig. 30. Producción de un semiconductor de óxido metálico.

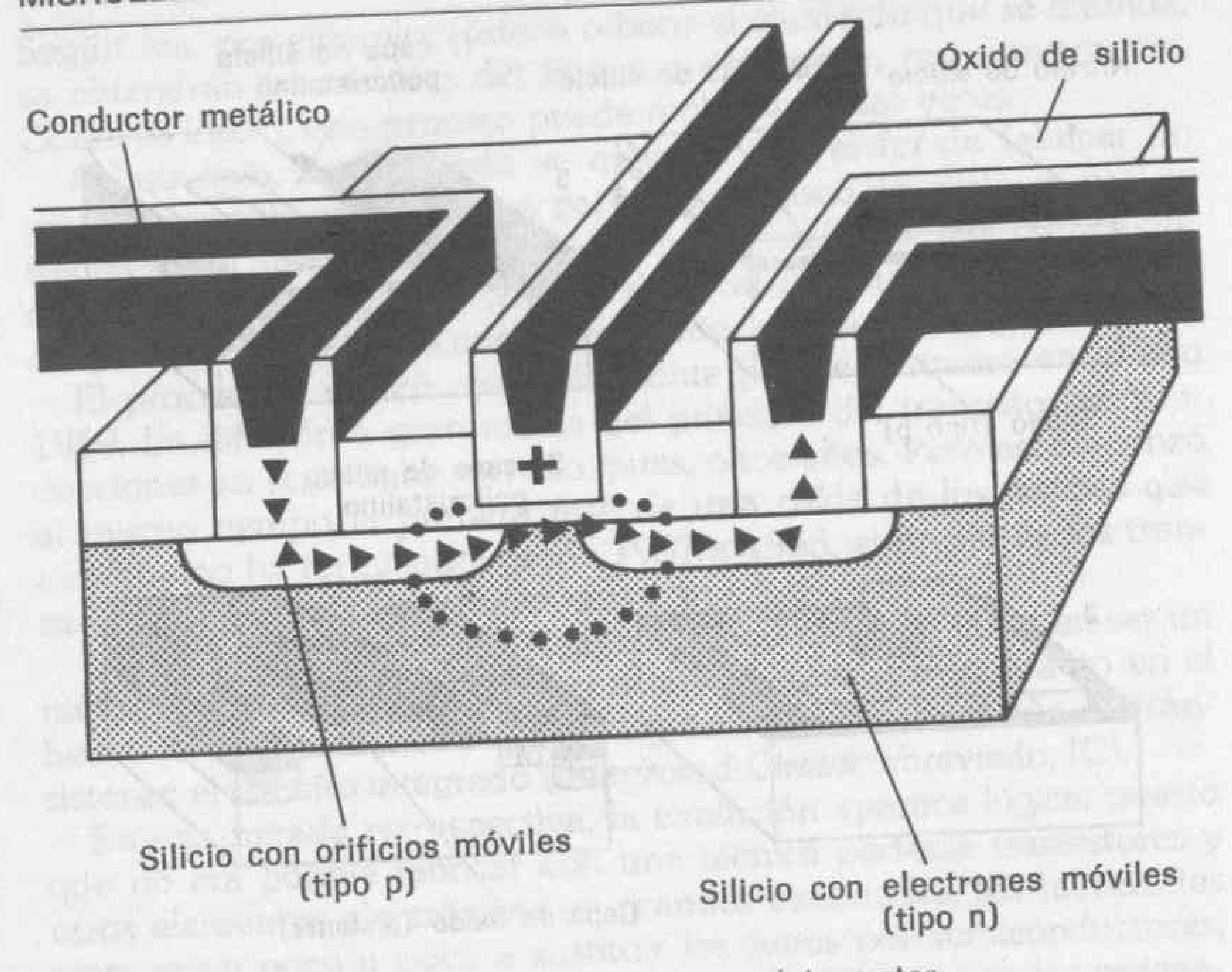


Fig. 31. El transistor MOS funcionando como interruptor.

Éstos fluyen a través del conducto izquierdo y llegan al vano izquierdo. Pero sólo pueden pasar al vano derecho cuando son atraídos mediante el conducto intermedio que tiene un polo positivo. Por tanto, este polo positivo hace de puente entre ambos vanos, y en consecuencia puede fluir la corriente. Pero no sería así si no hubiera conexión en el conducto central.

Volvamos al proceso plenario anteriormente descrito. No se necesita mucha fantasía para imaginarse que esta técnica no sólo se puede aplicar en la fabricación de un mismo elemento funcional, sino que, según la serie de fases productivas que se recorran, podrán fabricarse lógicamente diversos módulos según la disposición que se desee.

Los primeros circuitos integrados de este tipo llegaron al mercado a comienzo de los años sesenta. Gracias a los métodos de fabricación mejorados y a las más elevadas producciones pieza/minuto,

los precios descendían cada dos años a la décima parte de su valor anterior.

La fabricación de un circuito integrado comienza con un bloque de silicio puro que tiene forma de embutido. En primer lugar se corta en forma de finos discos de unos centímetros de diámetro. En estos discos pueden situarse fácilmente cien chips. El procedimiento de grabado anódico que sigue a continuación es en principio el mismo que el aplicado en el proceso plenario. En todo caso, el diseño es mucho más complicado. Puesto que un chip contiene circuitos impresos en series superpuestas hasta el número de diez, los planos de conexión deben dibujarse en forma tridimensional. Para ello, el plano se debe reducir de tamaño hasta dimensiones microscópicas,

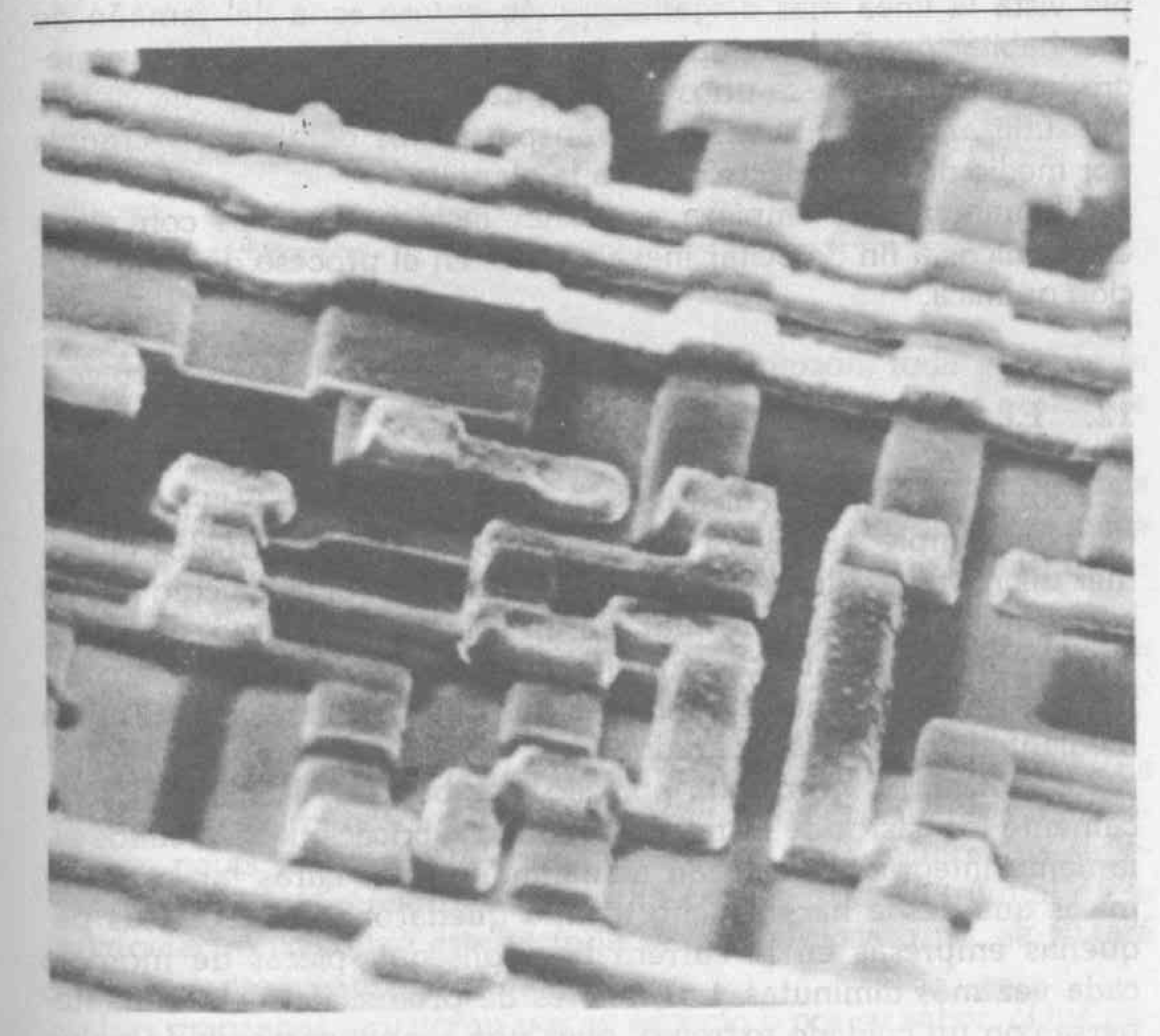


Fig. 32. Superficie de un chip de 256 K (amplificado).

capa por capa, y mediante plantillas especiales se transportarán a los discos de silicio. Las partes abiertas de estas plantillas permiten el paso de ácidos que cauterizan la superficie de silicio y que, sin embargo, dejan intacta la parte cubierta. Así se producen senderos y depresiones, tal como aparece en las figuras 30-32, que son en último término la representación de los diversos módulos y el reflejo de la unión entre ellos. Al igual que ocurre en la técnica plenaria, cada una de las zonas recibe la correspondiente dotación de otro elemento y adicionalmente se les aplican conexiones metálicas. Para ello se necesitan varios procesos de trabajo.

Entre tanto, la técnica de la miniaturización, gracias a sus grandes progresos, ha hecho posible alojar en una plaquita de silicio de 5 x 5 milímetros cientos de miles de transistores. Si se quisiera amplificar un chip convencional de forma que se hiciera visible a simple vista la línea más delgada, el chip entero sería del tamaño de una habitación. En la actual técnica de fabricación los circuitos integrados están tan cerca unos de otros dentro de un chip, que ya hay que utilizar ordenadores para transportar los detalles del croquis por medio de rayos electrónicos a la plantilla.

Últimamente se empieza a diseñar incluso los chips con rayos electrónicos a fin de evitar inexactitudes en el proceso de cauterización química.

12. EL ORDENADOR EN UN CHIP

Pero la evolución técnica no se quedó estancada en el circuito integrado “simple”. En 1971 se desarrolló en Estados Unidos el primer microprocesador, es decir, una unidad central de cálculo (CPU) con la que se pueden efectuar, en un solo chip de silicio, operaciones lógicas y matemáticas. En el microprocesador se hicieron compatibles de esta forma las funciones que anteriormente se realizaban mediante varios chips separados.

La fabricación no resulta por ello más barata. Al contrario, lógicamente los gastos de instalación para la fabricación de circuitos altamente integrados alcanzan actualmente unas cifras tan astronómicas que desde hace mucho tiempo quedaron eliminadas las pequeñas empresas en la carrera por conseguir piezas de montaje cada vez más diminutas. Los talleres de producción deben mantenerse con un cuidado extremo, pues una simple partícula de polvo inutilizaría cualquier chip. No obstante, lo que sí se abarata son los

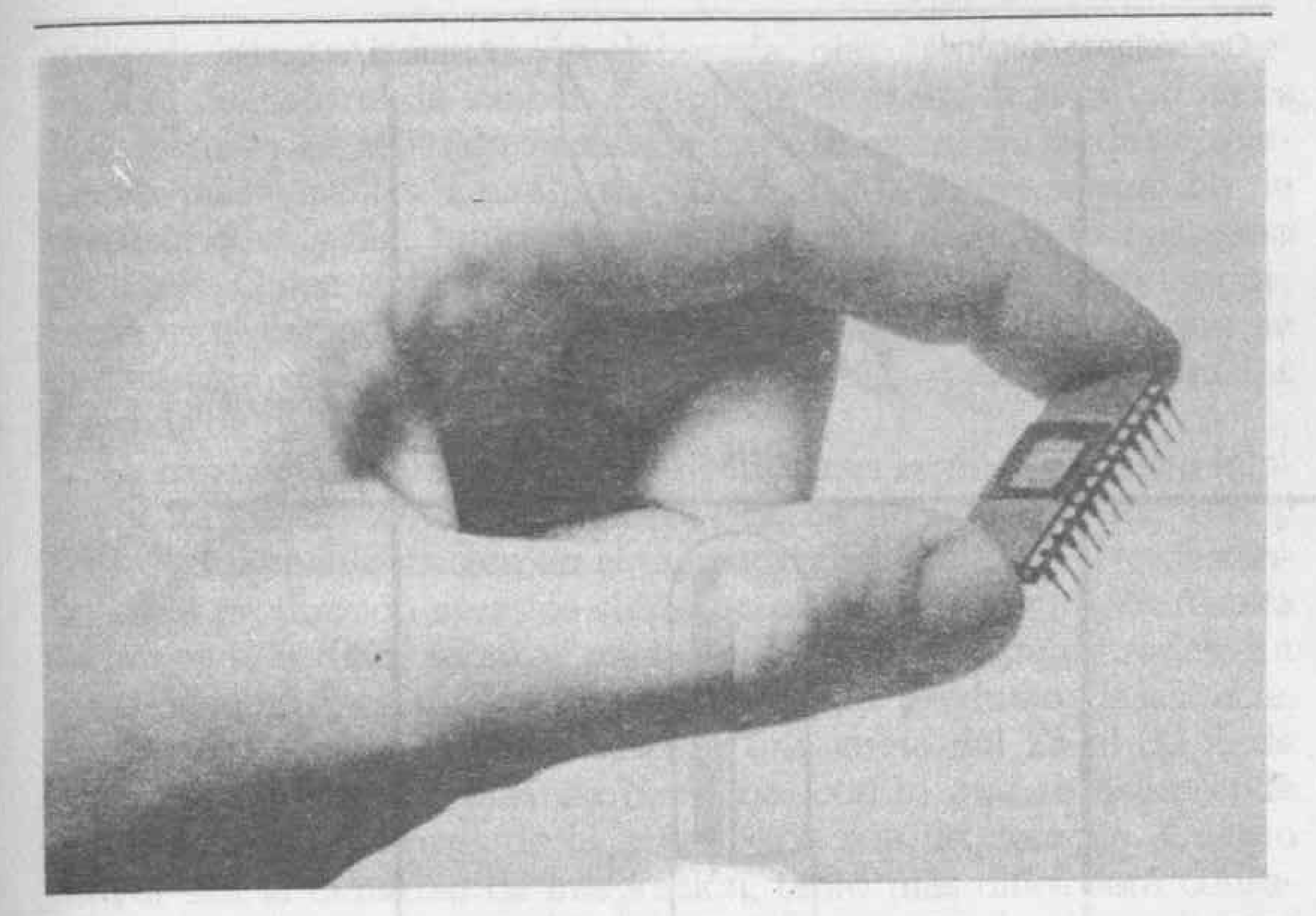


Fig. 33. Chip de alta potencia.

gastos por transistor o por elemento de conexión, toda vez que la densidad de integración aumenta a mayor ritmo que los costes de fabricación.

Pero un microprocesador no es todo el microordenador. Además de las funciones del microprocesador, el microordenador tiene chips de control que, por ejemplo, se ocupan de que las señales electrónicas circulen a través de las conexiones siguiendo una cadencia correcta. Hay otros chips que se ocupan de la función de entrada y de salida. No falta mucho para que aparezcan en el mercado los primeros ordenadores completos integrados por un solo chip.

¿Por qué se aspira constantemente a reducir los tamaños? ¿Es que lo exige el público, o lo exigen las cosas de por sí? La miniaturización no es simplemente conseguir trabajo para técnicos ya superados. Es el fenómeno que ha hecho posible el paso triunfal de la microelectrónica. Que esta victoria sea beneficiosa o no, se tratará más adelante (véanse pág. 273 y ss.).

Las manzanas se valoran por su aspecto y por su sabor. ¿Qué decir, pues, de los microprocesadores? Éstos se clasifican según el nú-

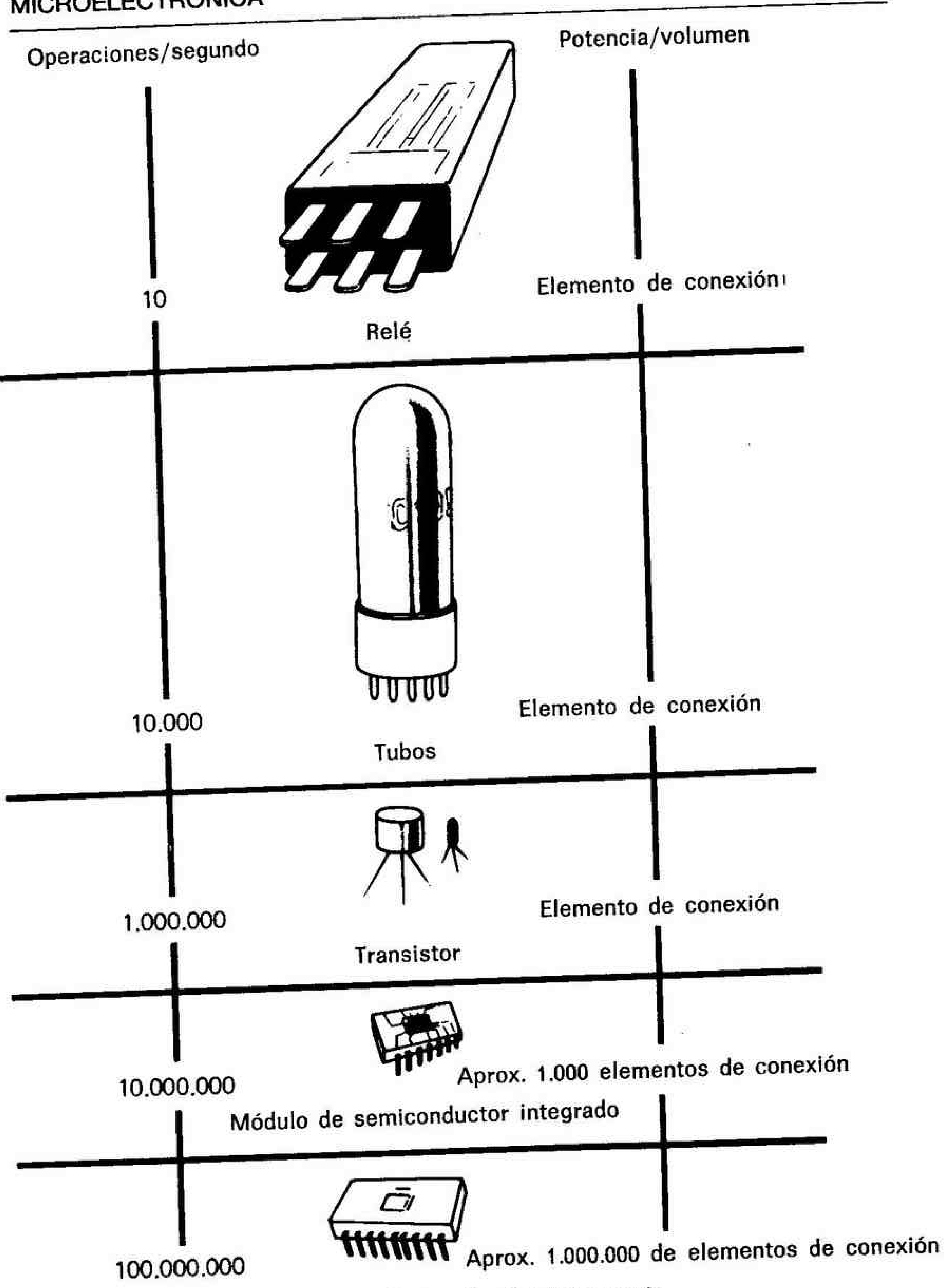


Fig. 34. Capacidad de diversos componentes electrónicos.

mero de bits por información elaborada, pero también según la velocidad del control de los bits. La unidad de masa de esta última es una fracción de segundo necesaria para la ejecución de las operaciones más sencillas. Cuanto más corta sea la distancia que ha de recorrer una señal, tanto más reducido será el tiempo necesario para ello. Quien trabaja con ordenadores sabe que un factor importante es el llamado tiempo de captación. Así pues, un aumento de la densidad de integración en un chip implica una mejora en los tiempos de captación.

La capacidad de las memorias electrónicas se mide en bits o kilobits y ha ido creciendo rápidamente desde un kilobit a 4K, 16K y 64K. Actualmente existen en el mercado chips de 256K. No obstante, en la producción de estos chips tan altamente integrados resulta cada vez más difícil fabricar unidades plenamente garantizadas. En otras palabras: es mayor el porcentaje de producto desechable. En Estados Unidos se ha alcanzado una cuota del 25 al 30 % de éxito para el chip de 64K de memoria, con lo que se comprende que dos buenos tercios de la producción son de desecho. Cuanto mayor sea la densidad de integración, tanto más difícil será conseguir un porcentaje, aceptable hasta cierto punto, de chips exentos de error. La figura 34 visualiza el efecto que la miniaturización tiene en la producción de elementos de conexión.

Así pues, se plantea ahora la cuestión de hasta qué punto puede seguir impulsándose este aumento de la densidad de integración. Con tiempos de conexión de casi una milmillonésima de segundo ¿no se habrá llegado al límite, rebasar el cual resulte contraproducente desde el punto de vista económico, dado que los chips empezarían a resultar más caros, aunque fueran menores y más rápidos? Muchos especialistas empiezan ya a reflexionar seriamente sobre esta cuestión. Y no sólo eso. Hay quienes dicen que ya se ha llegado al límite de las posibilidades físicas de la miniaturización, opinión que en todo caso podría demostrarse inexacta en breve período de tiempo.

13. LOS ORDENADORES DEL FUTURO

Los investigadores intentan actualmente encontrar nuevos caminos para impulsar la técnica del ordenador, básicamente en estos tres aspectos:

- Comparativamente al menos, son intentos revolucionarios de impulsar los bancos de datos hacia el cero absoluto en las llamadas capas metálicas supraconductoras. Dado que en estas condiciones la corriente eléctrica fluye casi sin resistencia alguna, no se producen calentamientos, y los elementos de conexión se pueden impresionar aún con mayor densidad que en los módulos de semiconductores convencionales. Aquí hay electrones que realizan tareas de cálculo.
- Por su parte, el llamado ordenador óptico calcula a la velocidad de la luz. Últimamente está en fase de experimentación el primer transfasor, que es la contrapartida óptica del transistor y que realiza las conexiones a una velocidad mil veces mayor que los elementos electrónicos.
- Más revolucionario aún es el concepto de "biochip", que no trabaja con luz ni con semiconductores, sino con moléculas orgánicas.

De camino hacia el biochip

Ya en los años setenta, los investigadores de un laboratorio de IBM, en las cercanías de Nueva York, descubrieron que determinadas sustancias orgánicas, las hemiquinonas, son capaces de rectificar la corriente alterna. Investigando sobre la explicación de este fenómeno, descubrieron en las hemiquinonas dos situaciones eléctricas que se distinguen entre sí por la diversidad de sus cargas. Aplicando campos eléctricos, se pueden modificar estos estados eléctricos y consecuentemente pueden hacer las veces de interruptores moleculares (cada ordenador digital consta esencialmente de interruptores que sólo tienen dos posiciones: conexión y desconexión, o el 0 y el 1, posiciones que se conectan entre sí mediante determinadas disposiciones). «La ventaja de las moléculas orgánicas frente a los semiconductores convencionales», dice el investigador de IBM Arieh Aviram, «consiste en que las moléculas pueden integrarse en disposiciones tridimensionales.» De esta forma se habrían superado las barreras que impedían el avance de la tecnología convencional de semiconductores, toda vez que se han aplicado conexiones electrónicas o microelectrónicas tridimensionales capa por capa. La estructura tridimensional posibilitaría conexiones mucho más complejas y representaría, además, un salto mucho mayor en el progreso de la miniaturización.

Las corrientes eléctricas que fluyen en el biochip inventado por Aviram serían comparables a las corrientes responsables de la

conducción de estímulos en las células del sistema nervioso humano. No tendría nada de extraño que los arquitectos del futuro modelo de "bioordenador" estuvieran ya investigando sobre el modo en que tales aparatos podrían implantarse en el cuerpo para encargarse total o parcialmente de las funciones de determinados órganos humanos.

Por interesante que resulte el pensamiento de las conexiones tridimensionales, no deja de estar menos claro en la actualidad cómo pueden producirse tales conexiones en la práctica. Con los medios de la técnica moderna de manipulación mediante rayos gamma puede conseguirse, ciertamente, según Aviram, la producción de cadenas de moléculas orgánicas, pero no se pueden, en cambio, producir redes tridimensionales. Además, no se sabría cómo hacer de las propiedades de conexión de la hemiquinona el equivalente molecular del transistor o de una resistencia eléctrica. El mismo Aviram calcula que, como máximo a finales de este milenio, será posible llevar a la práctica estos planes de tan altos vuelos.

Algo menos utópico es el efecto de la evolución que ofrece la empresa EMV-Associated en Estados Unidos. En 1982, la Fundación Nacional de la Ciencia en Estados Unidos encomendó a aquella empresa la investigación en torno al desarrollo de un biochip que permitiera ver a los ciegos. La idea resulta sencilla en principio: en lugar de silicio, los especialistas y bioquímicos de la empresa de Rockville en Maryland habían utilizado las capas monomoleculares de una proteína. La ventaja consiste en que estas capas moleculares son mucho más sutiles que las más finas de entre los semiconductores. En colaboración con Jacob Hanker, neurobiólogo de la Universidad de Carolina del Norte, los técnicos comenzaron a montar sobre la superficie de un cristal una capa de polilisina (un polímero proteínico que sólo consta del aminoácido lisina). Encima se puso una capa de plástico del espesor de una membrana. Mediante radiación electrónica, los investigadores representaron los planos de conexión igual que en las conexiones convencionales altamente miniaturizadas (donde aparece el rayo electrónico, se produce un endurecimiento del plástico y estas partes endurecidas pueden lavarse con alcohol para dejar libre la proteína situada por debajo). A continuación se aplicó una capa delgada de plata conductora. Según el plano de conexiones, en determinados puntos la plata entra en contacto con la proteína y en otros lo hace con el plástico no conductor. El chip proteínico así construido funcionaba de manera semejante a como lo hacía el chip convencional.

Con esta disposición se emprendió en la EMV Associates el acercamiento al nervio óptico. También los ciegos de nacimiento poseen rudimentarias células de nervio óptico que pueden implantarse como puentes para la conducción del estímulo hacia el cerebro. Entonces el biochip deberá ocuparse de que los impulsos luminosos que conduzcan a la retina se trasformen directamente en dirección al cerebro, de manera que transmitan los impulsos eléctricos adecuados por medio del nervio óptico. Lo que aún no está claro es la manejabilidad de las conexiones entre el nervio óptico y el biochip. Se puede pensar que las neuronas sean susceptibles de ser excitadas por medios bioquímicos para acrecentarse en la estructura proteínica del biochip.

Hay otra variante más del bioordenador a la que se orienta un proyecto japonés dotado con 6 millones de dólares desde otoño de 1982. Hiroshi Shimizu, de la Universidad de Tokio, pretende utilizar membranas nerviosas como unidades de memoria para el par de elementos 0 y 1. Además, intenta componer diversas partes del sistema nervioso para que formen un sensor biológico con miras a construir un "robot sensible". Shimizu despertó curiosidad, pues anteriormente había conseguido construir un motor molecular, una hélice que fue puesta en movimiento mediante la materia muscular llamada actina añadiendo una solución del medio energético bioquímico ATP y de la proteína miosina. Este proyecto japonés se llama bioholónica ("holónica" quiere decir autoorganización).

La idea de un desarrollo del biochip a nivel comercial no es mera fantasía de investigadores con planes de ciencia-ficción. Para los militares norteamericanos el tema tiene incluso un significado estratégico: el silicio, utilizado en los sistemas de conexión convencionales, existe, ciertamente, en grandes cantidades en cualquier parte del mundo; pero para dotar a este semiconductor se precisan elementos raros, como el galio o el indio, y para los conductos se necesita plata. De ahí que Estados Unidos dependan del Tercer Mundo respecto al suministro de materias primas para la tecnología de los semiconductores. Es lógico que busquen el modo de cortar esta dependencia, y por ello invierten muchos millones de dólares en la búsqueda de un sucedáneo económico de esos metales tan caros. Hay elementos muy prometedores en ese campo, entre ellos, los polímeros orgánicos, capaces de conducir la electricidad. Los ensayos realizados en tal sentido con algunos de éstos permiten esperar que los elementos de conexión con moléculas orgánicas puedan ponerse en acción prácticamente en los próximos años.

Para decirlo todo, añadiremos que no todos los investigadores entienden lo mismo bajo el concepto de biochip. Mientras unos lo ven compuesto de moléculas orgánicas, otros lo describen como microprocesador convencional implantado en seres vivos. Si nos atenemos a esta última definición, el biochip es ya una realidad: actualmente se han desarrollado ya aparatos audífonos microelectrónicos implantables que pueden hacer de puente a un oído interno defectuoso y excitar directamente los nervios auditivos de forma que en el cerebro se produzcan impresiones acústicas. Un gran interés clínico tiene el logro artificial de los circuitos nerviosos para paralíticos (véase pág. 187). La evolución ulterior de estos biochips desde el simple sensor hasta el elemento de mando activo podría ser una realidad en el futuro próximo que posibilitara la sustitución funcional del tejido nervioso dañado.

Ordenadores a la velocidad de la luz

Antes del biochip constituido de transistores moleculares, todavía irrealizable, aparecerá probablemente el ordenador óptico, aprovechando unas propiedades ópticas insólitas descubiertas en 1976: la llamada biestabilidad óptica. Un material es ópticamente biestable cuando tiene dos estados de transmisión para la luz que se le proyecta. A este fenómeno físico se le llama "refracción no lineal": la propiedad refractora de la luz que caracteriza al medio se modifica con la intensidad creciente o decreciente de la luz que se le proyecta, en completa contraposición a la óptica convencional, en la que el efecto amplificador de una lupa no depende de la intensidad de la luz. En un sentido más amplio funcionan, no linealmente, por ejemplo, las gafas de sol, que tanto tiempo hace que se vienen usando y que varían su intensidad cromática o transparencia según la intensidad de la luz que incide sobre ellas.

El descubrimiento de la luz no linealmente refractada en determinados cristales semiconductores hizo que los técnicos de ordenadores prestaran atención al hecho de que cada conducta no lineal pueda servir para el montaje de un interruptor. En óptica no se había avanzado en este campo durante muchos años, dado que ninguna serie experimental de ensayos había funcionado con tanta exactitud. Ya en 1979 pudo presentarse por vez primera en público el primer cristal semiconductor, que, al ser iluminado por un rayo láser, funcionaba como interruptor a una velocidad que sólo los electrotécnicos podían soñar: los interruptores ópticos son aproximada-

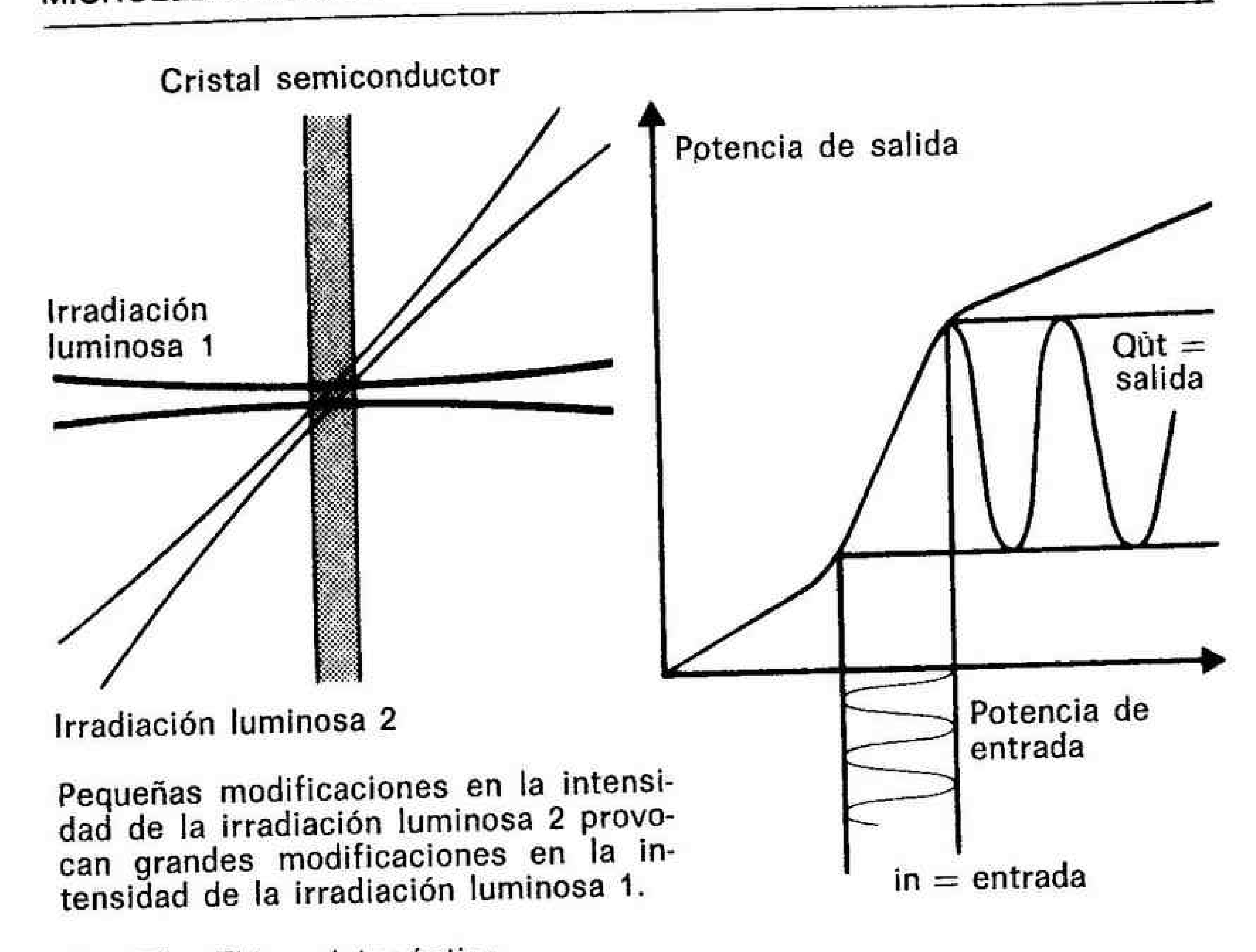


Fig. 35. El transistor óptico.

mente mil veces más rápidos que los más veloces interruptores electrónicos.

Pero un interruptor no es por sí mismo un ordenador. La revolución propiamente dicha tuvo lugar con el desarrollo del transfasor, que hace posible modular un rayo intenso de luz con una fuente luminosa débil para reforzarla. Tal como se muestra en la figura 35, al actuar así, se hace incidir un rayo luminoso intenso sobre una fina capa de cristal semiconductor, al mismo tiempo que se proyecta un segundo rayo, de considerable debilidad luminosa, en un ángulo agudo. Las pequeñas modificaciones de la intensidad luminosa del rayo débil inciden provocando grandes modificaciones de la intensidad del rayo luminoso intenso. De esta forma, en la actualidad, veinticinco años después del descubrimiento del transistor, podría haberse conseguido un avance básico y fundamental en la técnica del ordenador con efectos parecidos a los que hemos experimentado en la época del transistor.

Calcular cerca del cero absoluto

En combinación con la moderna técnica de la fibra de vidrio como técnica de comunicación, los ordenadores ópticos abren perspectivas totalmente nuevas para la técnica del cálculo, pues son cuatro veces más rápidos y permiten una densidad de memoria cuatro veces superior. Los ordenadores ópticos hacen así competencia a una innovación citada al principio y que hasta el presente ha sido ensalzada como la salida frente a la limitación natural de la miniaturización en la técnica de los semiconductores: las llamadas conexiones de Josephson. Una señal eléctrica puede recorrer en una milmillonésima parte de segundo una distancia de varios centímetros. Si se quieren conseguir unos tiempos de conexión sumamente bajos, las conexiones de una unidad central no pueden separarse más de algunos milímetros entre sí. Al poner en funcionamiento las conexiones de semiconductores, se producen, sin embargo, unas elevaciones de temperatura que suprimen la conductibilidad a las piezas de montaje situadas demasiado juntas entre sí. De ahí que de unos años a esta parte se venga investigando sobre conexiones que necesiten muy poca energía y que, por tanto, desprendan muy poco calor. Un técnico llamado Josephson descubrió algunas de estas conexiones en forma de capas metálicas supraconductoras. Puesto que a la temperatura del helio líquido algunos metales permiten circular a la corriente sin resistencia alguna, las conexiones de Josephson permiten una densidad de montaje mucho mayor. De cualquier forma, desde el punto de vista técnico parece muy difícil mantener instalaciones de cálculo constantemente a una temperatura cercana al cero absoluto, por lo que muchos investigadores opinan que esta técnica no tendrá gran difusión.

Ordenadores en paralelo; la revolución del futuro

Como ha puesto de relieve el desarrollo experimentado en los últimos decenios, en cada prospectiva relacionada con la microelectrónica hay que tener mucha precaución, pues con demasiada frecuencia se opinaba haberse llegado ya al límite de las posibilidades, sin reparar en que al poco tiempo quedaba superado lo conseguido. Lo mismo cabría decir de la forma fundamentalmente nueva de funcionamiento de instalaciones de cálculo actualmente elaboradas, entre otros, por el físico John Barker, de la Warwick University, en Gran Bretaña. Hasta ahora, se considera como un dogma de la técnica

de ordenadores el principio de que la unidad central de una calculadora sólo puede ejecutar una operación en un determinado momento, nunca dos o más operaciones simultáneamente. Ésta es también una de las diferencias esenciales entre los ordenadores y el cerebro humano, pues nuestra mente está constituida de forma que puede elaborar simultáneamente varios procesos de información. Y esto es lo que Barker quería conseguir con los ordenadores. Hasta cierto punto, hace gala de la necesidad de ulteriores miniaturizaciones a que aspiraban los técnicos: cuanto mayor sea la densidad de integración en un chip, tanto mayor será el peligro de que los diminutos canales de comunicación entre los diversos elementos de conexión sufran deterioro, por ejemplo mediante la irradiación atmosférica. A esto hay que añadir que un elemento de conexión, de un tamaño menor de 0,01 micra, puede dar lugar a que los electrones salten con cierta probabilidad desde su propio conducto al que está al lado (los físicos llaman a este fenómeno "efecto de túnel"). En conexiones de alta integración, este fenómeno es ya una fuente desagradable de averías. Barker, pues, intenta construir un ordenador de tal forma que se puedan calcular anticipadamente los túneles susceptibles de producirse entre los electrones. Al hacerlo –siempre según su teoría–, se producen, en el curso de una operación matemática, determinados "campos cooperativos" en la arquitectura eléctrica. Barker afirma: «Los primeros estudios ponen de manifiesto que hay unas redes cooperativas capaces de funcionar como disposiciones lógicas que se autocontrolan.» Para expertos en ordenadores, esas palabras suenan como una herejía. No es de extrañar que las propuestas de Barker se rechazasen con frecuencia como fantásticas. En la misma línea, el investigador británico, basándose en sus propios cálculos sobre ordenadores, opina que debería ser posible construir un chip que permitiese la realización de varias operaciones matemáticas al mismo tiempo. Con una programación adecuada de los circuitos de conexiones se podrían formar por sí mismas determinadas zonas en las que tendrían lugar las operaciones matemáticas requeridas en cada caso.

Es a la expresión "por sí mismos" a la que los excépticos presentan sus reparos. Los programadores que están acostumbrados a determinar minuciosamente todos y cada uno de los pasos de un proceso matemático, apenas son capaces de imaginar que semejante trabajo pueda organizarse espontáneamente por sí mismo. Sea de ello lo que fuere, el concepto de "ordenador en paralelo" es ya una realidad en su ejecución más modesta: el pionero de la informática

Seymour Cray construyó en años recientes la que ya actualmente es la legendaria máquina Cray I, sobre cuyos siete ejemplares se realizan complicadísimos cálculos en un instituto norteamericano de investigación de armamento. A nivel mundial se han instalado 80 calculadoras de este tipo. Una de ellas se instaló recientemente en la Universidad de Stuttgart (valor actual, 6,5 millones de dólares). Cray calcula velocidades de 150 millones de operaciones por segundo, lo que representa una velocidad cien veces superior a la de las máquinas convencionales. La agencia espacial norteamericana NASA proyecta ya construir hasta 1990 una calculadora que trabajará a una velocidad 100 veces superior a la de la Cray I.

Veamos un sencillo ejemplo de cómo pueden funcionar en principio los ordenadores en paralelo. Calculemos el producto 6, que equivale a decir: $6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$. Los ordenadores convencionas (para distinguirlos de los ordenadores en paralelo se les designa como ordenadores de John von Neumann, autor que ya en su tiempo pergeñó el principio funcional del ordenador consistente en realizar una operación tras otra) calcularían de la siguiente forma:

$$6 \times 5 = 30$$
$$30 \times 4 = 120$$
$$120 \times 3 = 360$$
$$360 \times 2 = 720$$
$$720 \times 1 = 720$$

Pero un ordenador en paralelo trabajaría de manera distinta: fraccionaría la tarea de cálculo en tres productos:

$$1 \times 2 \qquad 3 \times 4 \qquad 5 \times 6$$

Estas tres operaciones no se ejecutan en el ordenador en paralelo una tras otra, sino al mismo tiempo y en unidades de cálculo diferentes. Luego siguen las dos multiplicaciones: $2 \times 12 = 24$ y $24 \times 30 = 720$, ejecutándose una tras otra como en el ordenador convencional.

Puesto que en este ejemplo de cálculo se puede ejecutar al mismo tiempo tres operaciones con el ordenador en paralelo, éste trabaja con doble velocidad que el ordenador de Von Neumann. En caso de operaciones matemáticas más complicadas, la diferencia puede aumentar correlativamente. El concepto de ordenador en paralelo exige, sin embargo, un distanciamiento casi total frente a los

principios hasta ahora tradicionales en la técnica de los ordenadores: tanto el *hardware* como el *software* deben elaborarse, diseñarse y construirse con un estilo totalmente nuevo.

El concepto de ordenador en paralelo tiene hoy plena actualidad, sobre todo por dos razones: el anuncio hecho por los japoneses de ofrecer hasta 1990 una quinta generación de ordenadores y, en consecuencia, la posición punta que pretenden conquistar en la técnica de los mismos basada en la idea de ordenador en paralelo. Además, los científicos se interesan en investigar sobre la inteligencia artificial para la nueva técnica matemática.

Echemos primeramente una mirada al proyecto japonés. Si hablamos de una quinta generación de ordenadores, hay que preguntarse cuáles fueron las cuatro precedentes:

Primera generación:
 Ordenadores a base de tubos
Segunda generación:
 Ordenadores a base de transistores
Tercera generación:
 Ordenadores con circuitos integrados
Cuarta generación:
 Ordenadores con circuitos de muy elevada densidad de integración (chips de 256 K)
Quinta generación:
 Densidad de integración superior, cual es la elaboración en paralelo y un nuevo concepto de memoria de ordenador.

Ya nos hemos ocupado más arriba de los dos aspectos inicialmente mencionados de la quinta generación de ordenadores. El tercero, la nueva organización de la memoria del ordenador, puede incluirse también bajo la palabra clave inglesa *knowledge engineering*. Para ponerlo en práctica se alimenta a la memoria con datos como los que tenemos en nuestra propia memoria y que elaboramos mentalmente como algo totalmente lógico, por ejemplo, por qué los árboles crecen hacia arriba, cómo se puede preparar una comida en un restaurante o cuál es el aspecto de un avión. Lo esencial es que estos datos no se almacenan en la memoria de forma no estructurada, sino integrados de forma que el ordenador pueda proporcionar las informaciones según la necesidad de relaciones adecuadas (fig. 36). Aquí confluyen, por un lado, la evolución de los

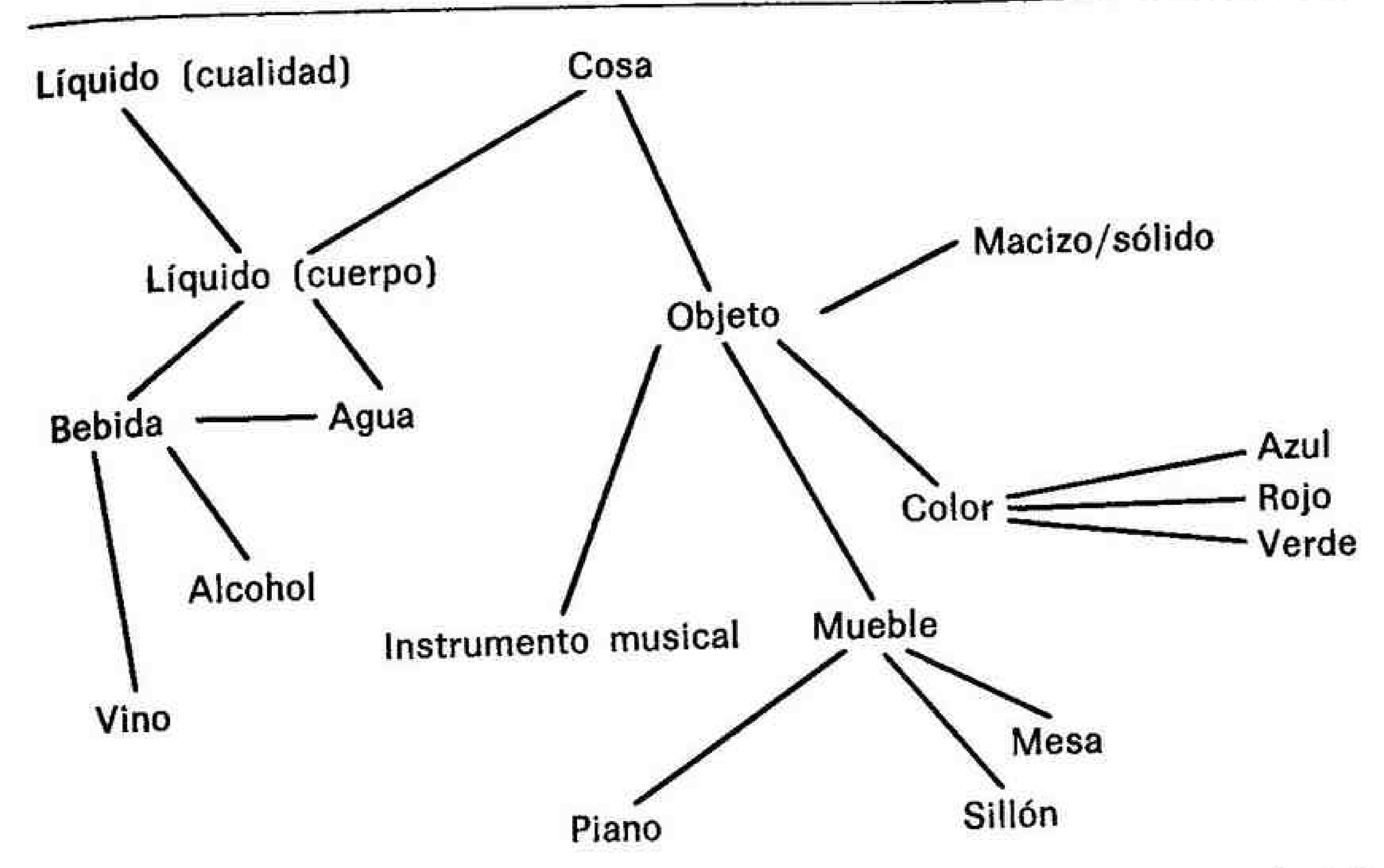


Fig. 36. Representación del saber mediante conexiones en la memoria del ordenador.

conceptos de programación de lenguajes naturales, en cuanto a los aparatos de reconocimiento de lenguajes, y, por otro, las investigaciones que se refieren a la inteligencia artificial.

¿Pueden las máquinas ser inteligentes?

Detrás de todos estos progresos se puede entrever claramente un objetivo: el ordenador debe ser cada vez más capaz de imitar las funciones del cerebro humano. Así nos planteamos directamente la investigación en torno a la inteligencia artificial (AI, en inglés *artificial intelligence*). Los técnicos en ordenadores, los neurofisiólogos y los filólogos, entre otros, dedican su esfuerzo al trabajo en este campo interdisciplinar. Pero el dilema se plantea al preguntarnos qué se entiende de hecho por inteligencia. Igual que en el caso del concepto de "información", en el que son posibles docenas de definiciones, al referirnos al contenido del término "inteligencia" e "inteligencia artificial" podemos describirlo de manera muy distinta. Marvin L. Minsky, del Massachusetts Institute of Technology, define la inteligencia artificial como la ciencia que permite a las máquinas ejecutar

tareas cuya solución requeriría la inteligencia del hombre. Otros ven en ese término el intento de explicar los procesos de elaboración de la información que sirven de base para la adopción de decisiones inteligentes, independientemente de si se trata de sistemas humanos o técnicos. Lógicamente, no sabemos aún lo que es propiamente la inteligencia, y por ello tenemos buena relación con los científicos de la AI.

¿De qué se ocupan los investigadores de la inteligencia artificial? Los más conocidos son los llamados sistemas periciales, es decir, los programas informáticos que disponen del acervo científico de una serie de expertos en distintas disciplinas específicas. Estos sistemas periciales se aplican, por ejemplo, a realizar sondeos en busca de riquezas del subsuelo. Según la constitución del material que entra en acción al realizar la perforación, un sistema pericial (es decir, un ordenador con su correspondiente programa) puede valorar si merece o no la pena continuar el sondeo. En la práctica, se experimen-

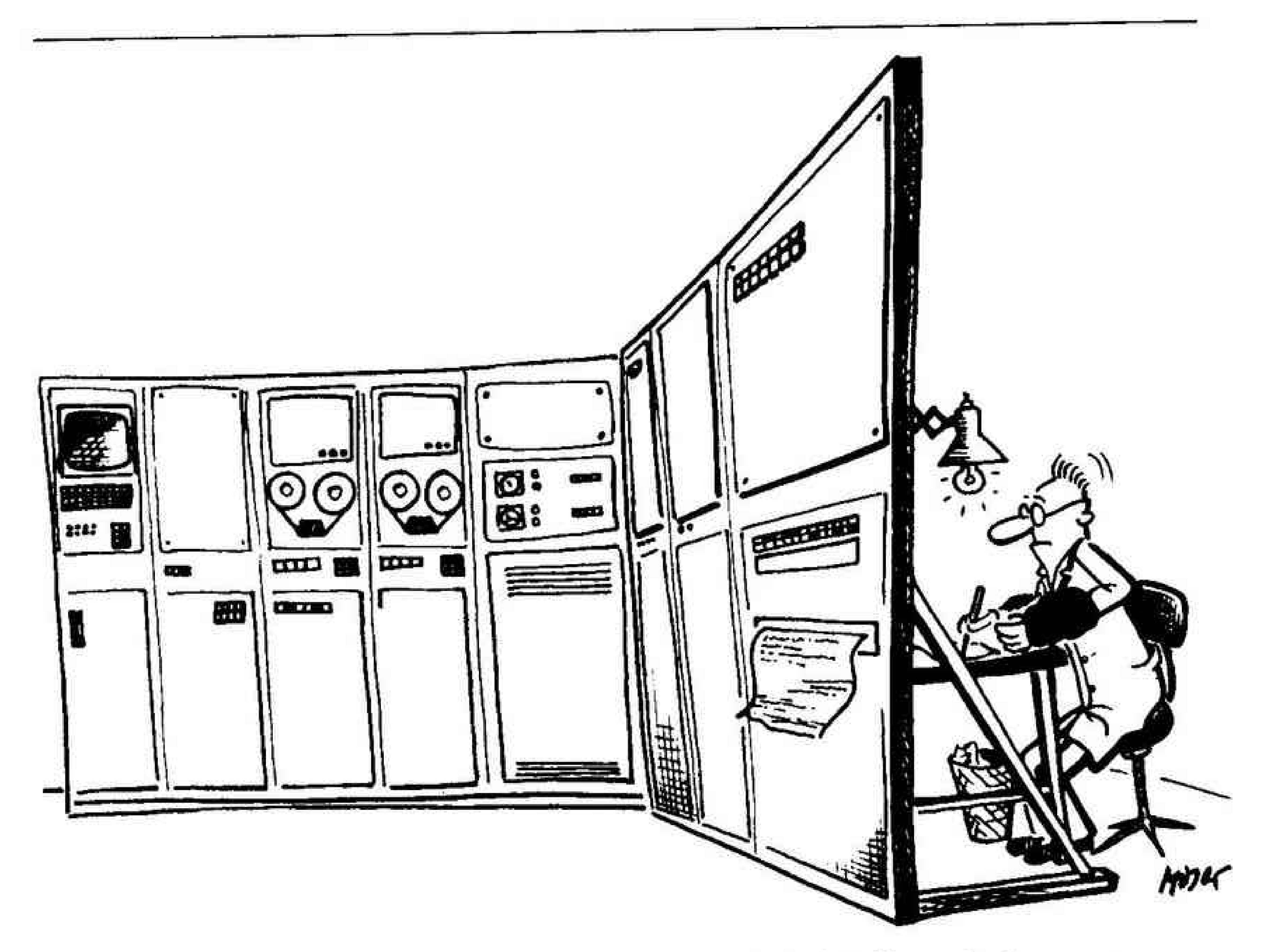


Fig. 37. Detrás de cada ordenador se esconde la inteligencia humana.

tan también sistemas periciales aplicados al diagnóstico en medicina (véase pág. 185-186), como los programas INTERNIST, SUMEX-AIM, o para la determinación de la estructura de moléculas orgánicas desconocidas en base a los datos analíticos preexistentes, como el programa CONGEN.

Otros grupos AI se ocupan de programas informáticos que pueden resolver juegos de ingenio. Así, el programa MIGHTY BEE, descrito por Hans Berliner, de la Carnegie-Mellon University, consiguió vencer al campeón mundial de Back-Gammon de 1979. Pero el mayor interés lo suscitan los programas que tratan de aplicar los ordenadores al juego del ajedrez. Casi todos los programas parten de un árbol detector que constantemente se va bifurcando. Si se presupone que hay dos caminos, A y B, éstos se bifurcan en el C, D, E, F, etc. Para cada una de estas bifurcaciones se definen determinadas propiedades que incitan al programa a elegir uno u otro camino. Veamos lo que esto significa para un ordenador de ajedrez: el número de jugadas que por término medio se pueden realizar en cada partida de ajedrez desde la correspondiente posición asciende a 35. Supongamos que un jugador quisiera calcular teóricamente las posibilidades que se ofrecen a otras tres jugadas. En tal caso, tendría que recorrer 1.800 millones de variantes. Uno de los programas de ajedrez que hasta ahora han tenido más éxito, el llamado BELLE, "sólo" es capaz de comprobar 160 posiciones por segundo. En todo caso, juega al ajedrez con un nivel de 2.160 puntos (los jugadores clasificados como expertos alcanzan una puntuación entre 2.000 y 2.199). En base a este cálculo decisivo, es del todo evidente que el jugador humano de ajedrez no procede probando exhaustivamente todas las posibilidades a su alcance. Los controles han puesto de relieve que un buen jugador de ajedrez no "piensa por adelantado", normalmente, más de çien posibilidades antes de mover una figura (en contraposición a los 29 millones de variantes que es capaz de recorrer el programa BELLE en tres minutos). Evidentemente, el jugador humano de ajedrez se defiende con unos pocos cálculos, porque no sigue estáticamente el árbol detector, sino que procede de acuerdo con una determinada estrategia, es decir, que tiene una meta ante sus ojos, que es la de "comerle" al adversario la reina, y busca el camino adecuado para lograr dicha meta. En orden a transmitir esta forma de pensar a la técnica de la programación, es necesario preestablecer una meta y unos árboles detectores dirigidos hacia atrás, que pondrían de manifiesto el modo de llegar a tales metas. Estos programas se concibieron para determinados

"juegos finales" en los que sólo lucharían sobre el tablero un número de figuras muy inferior.

Seguir la pista a un árbol detector significa comprobar simultáneamente, desde el primer plano de bifurcación, varios caminos diferentes. Así resultará obvio que los investigadores de AI se interesan enormemente por los ordenadores en paralelo por estar éstos capacitados para recorrer los árboles detectores a una velocidad sustancialmente superior a la de una calculadora convencional.

Uno de los mayores problemas de la investigación sobre AI consiste en la difusión de programas adecuados. Se trata, en el sentido más auténtico de la palabra, de practicar un deporte mental, pues al disponerse la inteligencia artificial a su lanzamiento industrial habrá puestos de trabajo para los matemáticos y los expertos en lógica.

En las páginas precedentes se han expuesto unas consideraciones que nos plantean la cuestión de si algún día habrá ordenadores capaces de suplantar en todos los aspectos al cerebro humano. El argumento de que "los programas nunca pueden ser mejores que los programadores que los han elaborado" deja de ser contundente, pues se está demostrando que los ordenadores de ajedrez están perfectamente capacitados para vencer a las mismas personas que las han programado. El especialista en ordenadores Joseph Weizenbaum da un paso adelante y piensa que, en principio, es imposible que un ordenador sea capaz de entender conceptos como "amor" o "soledad". Quizás. Pero otros argumentan que al menos se podrán programar ordenadores que se comporten como si tuvieran sentimientos. Si se quiere llevar esta discusión al extremo, no tardará en plantearse la cuestión de qué es en realidad la conciencia humana o de si es posible el pensamiento sobre el pensamiento, problemas sobre teoría del conocimiento que ocuparon la mente de filósofos durante milenios. Desde que los expertos en cibernética y los teóricos de la información se han encargado de esta tarea, han venido a sustituir a los filósofos, si bien el experimento sustituye también a la reflexión. Será en el futuro cuando pueda verse si es posible ampliar la conciencia con las máquinas. Pero ya hoy día podemos empezar a reflexionar sobre la buena o mala calidad de estos avances.

14. UNA RED INFORMATIVA A NIVEL MUNDIAL

La comunicación es transmisión o intercambio de información. Para ello pueden servir señales de todo tipo, señales producidas de

maneras diferentes y que son captadas por los órganos sensoriales del ser humano. En sentido más amplio, se habla también de comunicación entre máquinas. La comunicación puede tener un sentido unilateral (el periódico o la radio) o bilateral (intercambio epistolar o teléfono).

La necesidad de tomar contacto con otras personas situadas lejos para transmitirles informaciones, es decir, para comunicarse con ellas, es tan antigua como la misma civilización humana. En las antiguas culturas superiores se empleaban para ello sofisticados sistemas de transmisión de mensajes, aunque también otras formas de comunicación, como el fuego o señales de humo. En la Europa medieval surgió un nuevo género de comunicación que en forma de "cultura epistolar" difundió por todo el territorio europeo las ideas del humanismo. De ahí se fue desarrollando el correo como institución.

Todas estas formas de comunicación eran preponderantemente de naturaleza individual, pues servían a la transmisión de noticias entre personas individualmente consideradas. Con la aparición del periódico y la revista comenzó una nueva era: la de la comunicación de masas. El soporte físico de las noticias tuvo primeramente forma de papel. Un paso decisivo en la historia de la comunicación se produjo cuando las ondas electromagnéticas comenzaron a utilizarse como vehículo de la información. Casi todas las formas modernas de transmisión de noticias se remiten al fenómeno de la electricidad, incluso los medios modernos de los que nos ocuparemos más en detalle en la segunda parte de este libro. Así pues, en las páginas siguientes se expondrán las bases para entender las distintas formas de esta técnica de comunicación.

El ser humano entra en contacto con el ambiente que le rodea ante todo mediante la vista y el oído. La comunicación visual tiene lugar merced a una parte del espectro electromagnético a la que damos el nombre de "luz". El oído capta las ondas denominadas "sonido". Los órganos sensoriales como el ojo y el oído ponen de relieve el hecho de que la naturaleza ha logrado asombrosos éxitos en el sector de la comunicación. Ya en los primeros tiempos hizo su aparición el deseo de configurar técnicamente el ojo y el oído. Muchos dispositivos técnicos que utilizamos en la actualidad son en principio simples imitaciones de los órganos sensoriales humanos, como por ejemplo el auricular del teléfono o la cámara fotográfica.

El espectro electromagnético es la base para entender las modernas técnicas de comunicación. Las vibraciones electromagnéticas se producen bien mediante procesos vibratorios naturales de portacar-

gas eléctricos en los átomos y en las moléculas o bien mediante corrientes alternas generadas técnicamente. Estas últimas aparecen en forma de oscilación, y así el técnico electrónico habla de un "circuito oscilatorio". Para ello la energía se transforma de su modalidad eléctrica a la magnética, y viceversa, a fin de producir ondas electromagnéticas. Entre ellas se cuentan diversas manifestaciones, como los rayos gamma, los rayos X, la luz, las irradiaciones de calor y las ondas de radio. Todas ellas se diferencian entre sí por su longitud de onda, es decir, por su frecuencia. La frecuencia es el número de oscilaciones por unidad de tiempo y se mide en hertzios. Un hertzio corresponde a una vibración por segundo.

La teoría de las oscilaciones electromagnéticas va estrechamente unida a los nombres de James Maxwell y Heinrich Hertz. Aquí no podemos detenernos en más detalles sobre tal teoría. Bastará con que describamos los distintos sectores del espectro electromagnético. Su envergadura es enorme (fig. 38), pues abarca lontigudes de onda desde 10^6 hasta 10^{-16} metros, es decir, frecuencias desde 30 hasta unos 10^{24} hertzios.

El ojo, el órgano sensorial destinado a la captación de las ondas electromagnéticas, sólo puede percibir una gama muy reducida de todo este espectro.

A ese sector le llamamos "espectro visible". Las distintas frecuencias de ese sector se nos manifiestan bajo la forma de los diferentes colores. Más allá del color rojo se extiende con frecuencias inferiores el sector de las radiaciones infrarrojas, que podemos captar como radiaciones de calor. Sin embargo, el sol no sólo emite sus irradiaciones en el sector infrarrojo y en el visible, sino también en el llamado sector ultravioleta, que sigue al del color azul del espectro visible con frecuencias inmediatamente superiores. Pero los rayos X tienen frecuencias aún más altas. Por la técnica médica sabemos que estas considerables densidades son capaces de atravesar materiales impenetrables. Son tan dañinas para la salud en dosis altas como la luz de los rayos ultravioleta. A continuación de los rayos X comienzan las irradiaciones de carácter radiactivo, que se producen al destruirse determinados núcleos atómicos. Son los rayos "más duros", es decir, que su capacidad de penetración es extraordinariamente grande. Si pasamos del sector visible, a través del de la luz infrarroja, hasta las ondas de frecuencia inferior, nos encontraremos primeramente en un sector que corresponde al de las microondas. A continuación vienen las ondas ultracortas, las cortas, las medias y las largas. Siguen frecuencias de 50 hertzios, que corresponden al

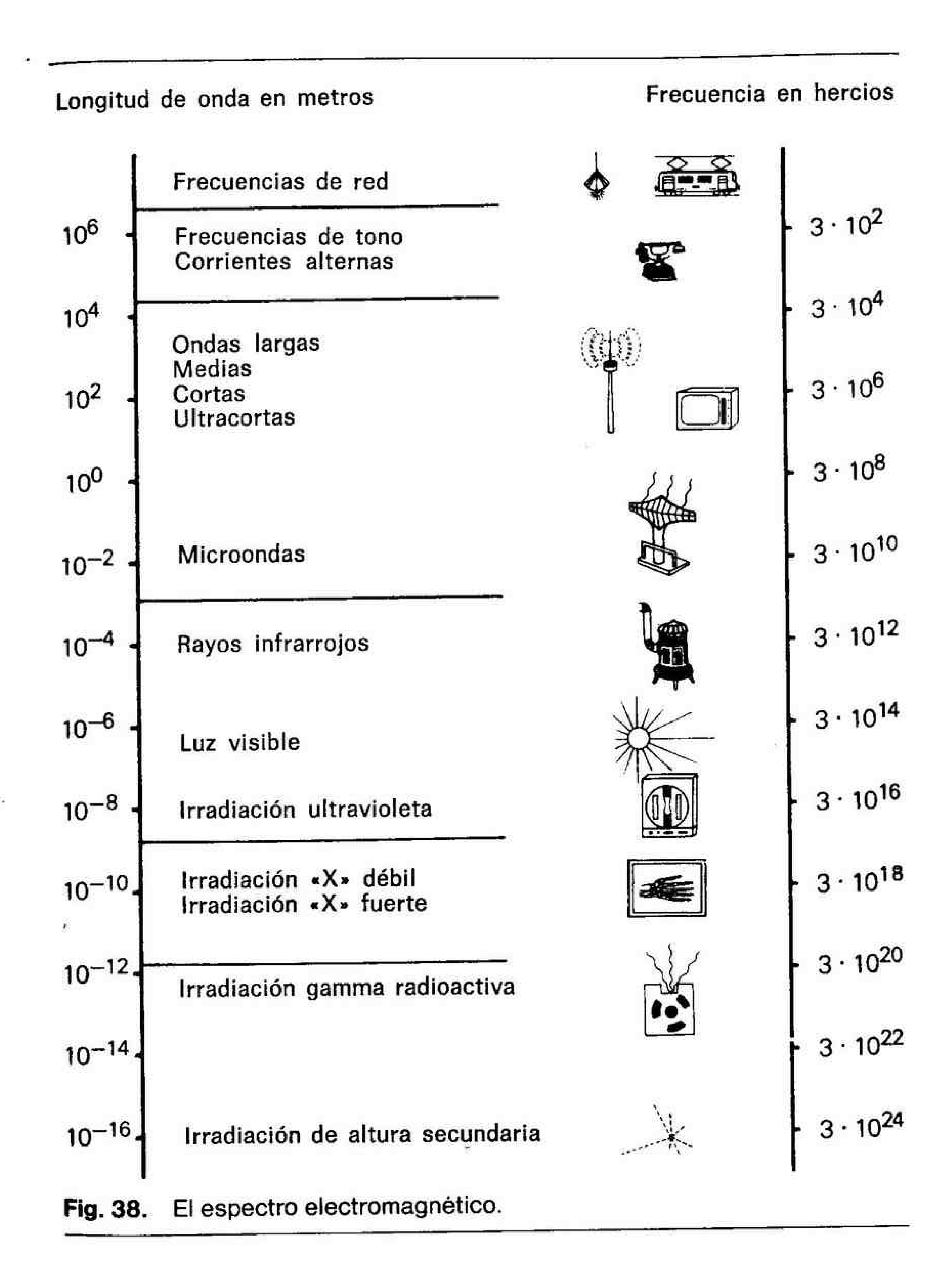


Fig. 38. El espectro electromagnético.

numero de vibraciones de corriente alterna que mueve todos nuestros aparatos eléctricos.

El sonido no es una vibración electromagnética. Se trata de vibraciones de cuerpos gaseosos, líquidos o sólidos que, al chocar con nuestro oído, se captan como impresiones acústicas. Las ondas sonoras consisten esencialmente en modificaciones periódicas de la densidad de la materia. De ahí que la velocidad de propagación del sonido dependa fundamentalmente de las diversas propiedades del medio en el que se transmite.

15. LA TELEGRAFÍA

En relación con los sistemas de alarmas y señales que se ocuparon de la comunicación óptica cubriendo sucesivos tramos entre una torre de control y otra, apareció en 1793 por vez primera el concepto de "telégrafo", que procede del griego y significa "escritura a distancia". Hasta mediados del siglo XIX eran usuales los telégrafos ópticos, que fueron definitivamente sustituidos por los telégrafos eléctricos. Los primeros intentos se apoyaron en el principio de utilizar un cable por cada letra del alfabeto. Los cables conductores de electricidad habrían de tenderse aisladamente en el suelo. El emisor y el receptor ordenaban cada uno de los hilos atribuyéndoles la correspondiente letra, de forma que la electrificación de los alambres, siguiendo la adecuada secuencia, haría posible la transmisión de la noticia.

Hacia 1820 unos investigadores franceses experimentaron con telégrafos electromagnéticos. Habían observado que una aguja magnética se puede dirigir si a su alrededor se instala un bucle por el que circule la corriente. Se comenzaron a utilizar 26 de estas agujas para la transmisión de cada una de las letras. Estos telégrafos primitivos se aplicaron sobre todo a lo largo de las líneas de ferrocarril.

Con el aumento del número de líneas férreas, se prolongaron también las líneas telegráficas, demostrándose entonces que las conexiones no podían ya trabajar a la perfección. Se produjeron inexactitudes y faltas de seguridad en la transmisión de los signos y por consiguiente se necesitaron estaciones intermedias que sirvieran de apoyo al tendido de la línea, a fin de conectar un sector de corriente de mayor potencia con el menor dispendio posible de energía. A estas estaciones intermedias se las denomina *relés*.

Una vez que el telégrafo para transmisión de noticias había demostrado definitivamente la utilidad del medio eléctrico, se fueron desarrollando el telégrafo de escritura, el de indicador y el de impresión. En 1839, Wheatstone construyó el primer telégrafo útil de aguja indicadora: tomó una rueda de madera y dividió su círculo en sectores iguales, proporcionando alternativamente a cada dos de ellos una plaquita de cobre. Por el borde de esta rueda hizo circular un muelle que conectaba la línea al tocar una de las plaquitas, enviando así un impulso al receptor. Éste poseía un dispositivo de análoga estructura. Las diversas plaquitas de cobre se subordinaron correlativamente a cada una de las letras del alfabeto, de forma que cada sector tenía su correspondiente letra. Si el indicador del emisor avanzaba cinco letras hacia delante, otro tanto sucedía automáticamente en el del receptor.

De esta forma fue posible prescindir del gran número de cables conductores que antes eran necesarios. En 1846, el teniente Ernst Werner Siemens inventó un dispositivo parecido y comenzó a desarrollar modelos cada vez más perfeccionados. Un primo suyo le prestó seis mil táleros para instalar un taller, y ése fue el origen de la empresa de electrotecnia SIEMENS, AG. Independientemente de

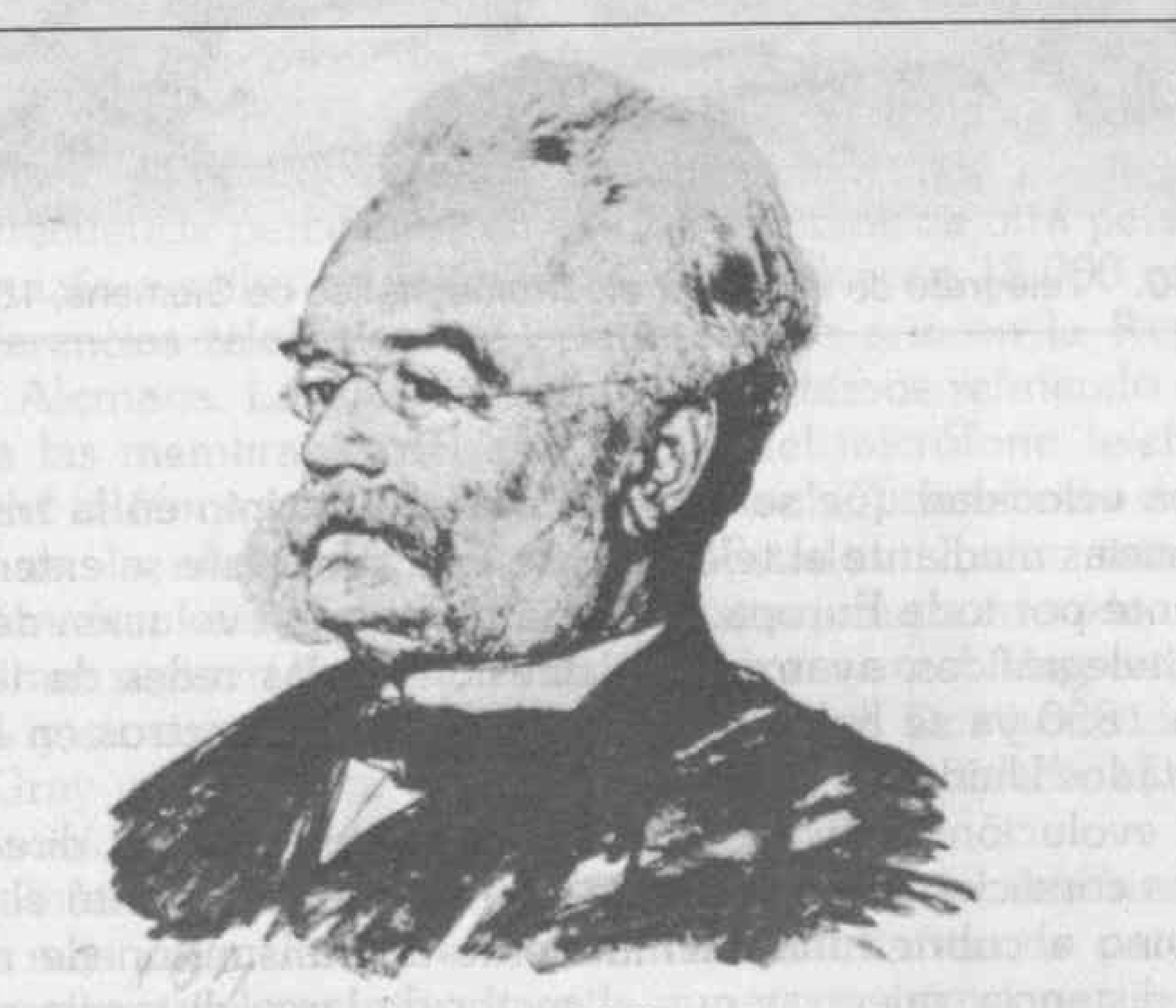


Fig. 39. Werner von Siemens (1816-1892).

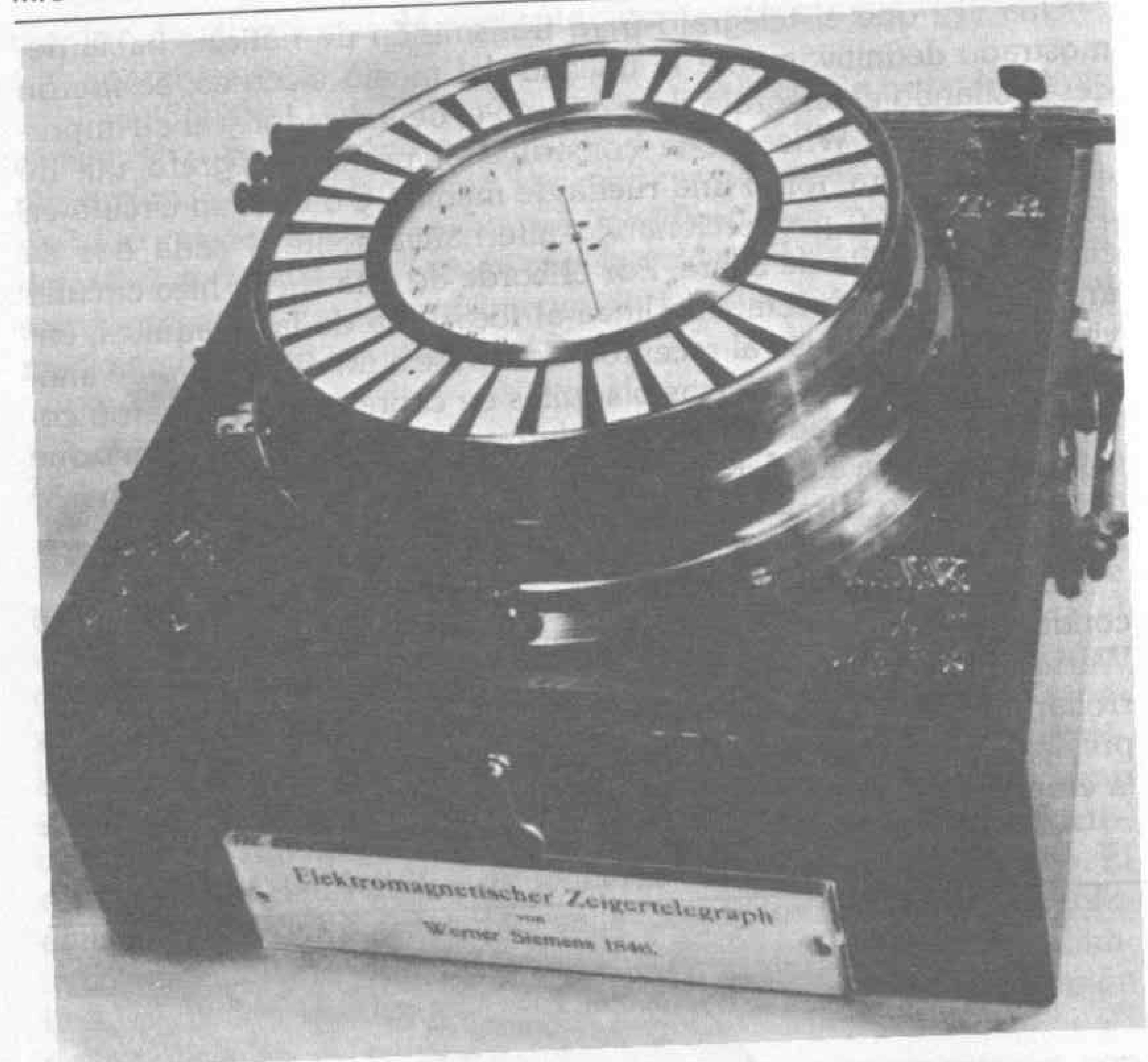


Fig. 40. Telégrafo de indicador electromagnético de Siemens, 1846.

la baja velocidad que se desarrollaba al principio en la transmisión de noticias mediante el telégrafo de indicador, éste se extendió rápidamente por toda Europa. Paralelamente a la evolución de los aparatos telegráficos, avanzaba la difusión de las redes de telégrafos. Hacia 1850 ya se habían tendido miles de kilómetros en Europa y en Estados Unidos.

La evolución seguida en telegrafía se vio influida directamente por las condiciones económicas. Entre tanto, se inventó el teléfono, que vino a cubrir fundamentalmente la transmisión de noticias a corta distancia, mientras que el sector de larga distancia quedó reservado a la telegrafía. Posteriormente se intentaría elevar la velocidad del telégrafo y también aprovechar en múltiples aspectos los hilos conductores. La evolución de las cintas perforadas tuvo como consecuencia la telegrafía ligera. Emite el código de letras (signos morse) no ya a mano con una tecla, sino mediante cintas perforadas y sus correspondientes emisores de señal. La telegrafía múltiple hace posible el tráfico simultáneo de noticias en ambos sentidos (dúplex) mediante una conexión especial. Ambas innovaciones (cinta perforada y dúplex) confluyen en la moderna técnica de escritura a distancia (el télex y el teletext).

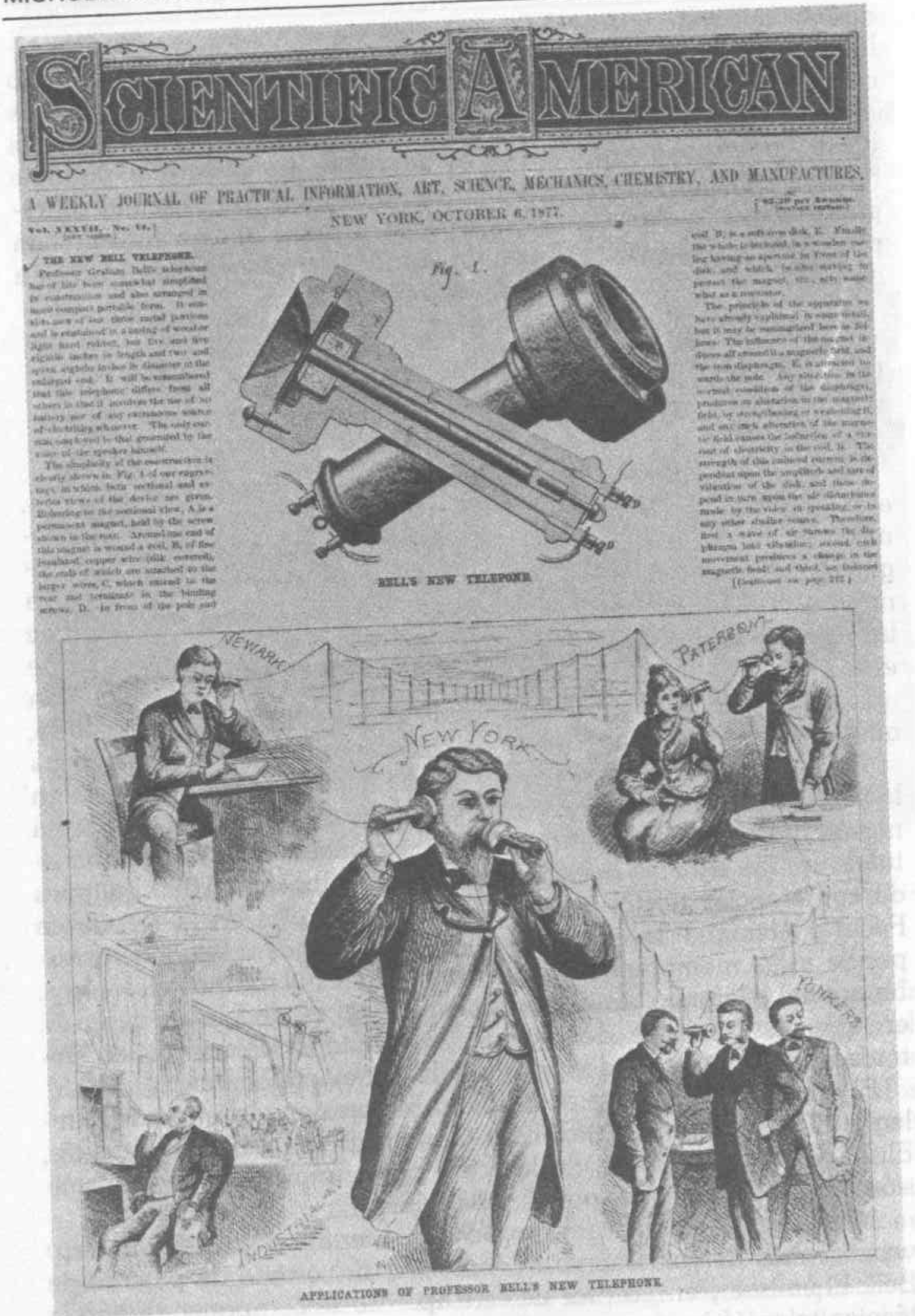
16. EL TELÉFONO EN COMPETENCIA CON EL TELÉGRAFO

Los lectores de la revista francesa *L'Illustration* se encontraron, en el número del 26 de agosto de 1854, un artículo titulado «Transmisión de la palabra», en el que, entre otras cosas, podía leerse lo siguiente: «Imagínese que alguien está hablando junto a una placa móvil lo suficientemente elástica como para no perder ninguna de las vibraciones provocadas por el habla sobre ella proyectada, y que esta placa produce e interrumpe alternativamente la conexión con una batería: así puede usted disponer de otra placa a cierta distancia, que al mismo tiempo ejecutará exactamente las mismas vibraciones.»

Lo que en el año 1854 parecía increíble se considera evidente en la actualidad. Casi todos los días hablamos sobre esa placa y con la misma frecuencia percibimos en ella las palabras de otra persona situada quizás a miles de kilómetros. Alrededor de 15.000 millones de conferencias telefónicas se celebran cada año en la República Federal Alemana. La placa a la que nos estamos refiriendo corresponde a las membranas del auricular y del micrófono telefónicos. La era del teléfono comienza propiamente el 24 de febrero de 1876, en que en la oficina de patentes de Estados Unidos tienen entrada al mismo tiempo dos registros de semejante contenido.

El primer registro lleva el título de «Mejoras en el campo de la telegrafía» y su autor es Alexander Graham Bell. Dos horas después, Elisha Gray entrega una declaración protectora titulada «Transmisión de sonidos verbales por vía telegráfica».

Actualmente se considera a Bell el inventor del teléfono. Pero veamos más detenidamente el contenido del escrito de patente de Bell. El emisor y el receptor de este aparato se componen, según la técnica telegráfica, de un muelle o resorte tensado unilateralmente



SCIENTIFIC AMERICAN

A WEEKLY JOURNAL OF PRACTICAL INFORMATION, ART, SCIENCE, MECHANICS, CHEMISTRY, AND MANUFACTURES.

NEW YORK, OCTOBER 6, 1877.

THE NEW BELL TELEPHONE.

BELL'S NEW TELEPHONE.

APPLICATIONS OF PROFESSOR BELL'S NEW TELEPHONE.

Fig. 41. El teléfono.

y dispuesto como un ancla ante el polo de un electroimán. El extremo libre del muelle o resorte va unido a un delgado pasador metálico que termina suavemente en una membrana. Ésta, a su vez, está tensada sobre el borde de una bocina. Las ondas sonoras ponen en vibración a la membrana y ésta mueve al resorte, generando así unos impulsos eléctricos que siguen el orden descrito. Este mecanismo se apoya en el principio de la "inducción electromagnética" que ya había descubierto Michael Faraday en el año 1831. El emisor y el receptor tienen un dispositivo semejante.

Ya en 1876, Bell realizó la primera "conferencia telefónica" del mundo a una distancia de 12 kilómetros. Al año siguiente fundó con otros la primera compañía telefónica, la Bell Telephon Company. El nuevo artilugio no fue aceptado unánimemente por los ciudadanos norteamericanos: algunos pensaban que produciría mareos y otros creían sin vacilar en la funcionalidad del teléfono, si bien no le atribuían mayor importancia.

En cualquier caso, ya en 1880 había en Estados Unidos 50.000 teléfonos en funcionamiento. Con el éxito comercial del teléfono comienza también una cadena de procesos de patentes para demostrar la prioridad de la autoría del invento. ¡Con qué frecuencia en la historia de la ciencia se han producido unos mismos experimentos con resultados comparables por parte de varios investigadores simultáneamente!

Unos años más tarde el teléfono se extiende por toda Europa: al principio, las administraciones de correos otorgan concesiones privadas para la comercialización de la nueva idea, y más tarde todo el tema de la comunicación telefónica se convierte en asunto de Estado.

Paralelamente a la difusión del teléfono se incrementa el número de oficinas en las que la "señorita telefonista", mediante una clavija, establece las correspondientes conexiones entre diversos interlocutores. Muchas veces, la señorita está ocupada o marca un número erróneo. En cierta ocasión, el sepulturero Almon Strowger se indigna hasta tal extremo por causa de una conexión errónea, que determina construir su propia "máquina telefónica" y monta un dispositivo de transmisión automática capaz de ejecutar 100 pasos de conexión. Y en 1889 patenta su ingenio. Al año siguiente se patenta el invento de un disco selector, accionado mediante movimientos giratorios y elevadores, que a través de un cilindro puede realizar el ajuste de un brazo de contacto de un buen número de abonados. Este principio se aplica actualmente en las oficinas de teléfonos: los

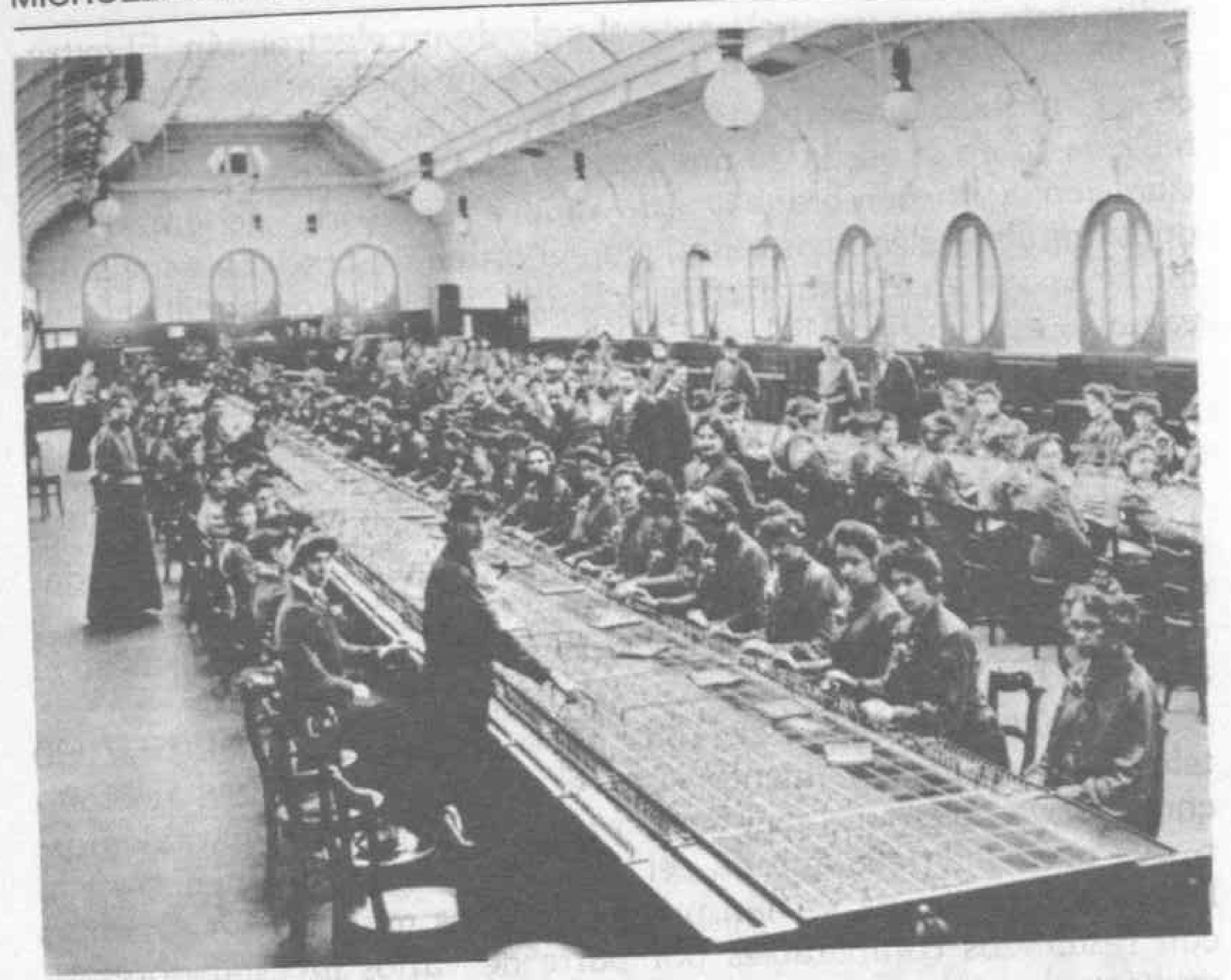


Fig. 42. Central telefónica de Hamburgo hacia 1900.

impulsos eléctricos emitidos desde el disco selector al "interruptor numérico" controlan, directa o indirectamente, al selector y a los correspondientes relés para producir la composición de los números en que cada cifra corresponde a un número equivalente de impulsos. Así, por ejemplo, una central de 1.000 conexiones tiene tres fases selectivas: la primera ajusta las cifras del orden de las centenas, la segunda, la de las decenas y la tercera la de las unidades de los números de los abonados. Así surgieron los sistemas telefónicos totalmente automáticos hoy día considerados como la cosa más normal.

Desde hace algunos años, se puede telefonear no sólo por medio de cables tendidos bajo tierra, sino también vía satélite. Hay instalaciones de transmisión análogas que suponen otras tantas variantes del teléfono digital. De estas innovaciones técnicas nos ocuparemos más adelante.

Hasta aquí hemos hablado de las formas de comunicación mediante la electricidad orientadas a la transmisión individual de noticias entre personas aisladas. A continuación explicaremos los principios funcionales de los dispositivos técnicos para la comunicación de masas. Este camino nos lleva desde el gramófono hasta la radio y la televisión.

17. DEL GRAMÓFONO AL DISCO LÁSER

Mientras Bell construía el primer teléfono haciendo posible la transmisión de ondas sonoras por conductores eléctricos, otros investigadores pensaban en aparatos que almacenaran esas ondas sonoras en orden a reproducirlas con posterioridad. La idea no era nueva. Ya en 1807 un físico inglés había propuesto retener las oscilaciones mecánicas en una cinta de papel mediante un punzón grabador.

Setenta años después, Thomas Alva Edison, por encargo de la Western Union Telegraph Company, estudia las mejoras a introducir en el teléfono de Bell. En la membrana del auricular telefónico suelda una pequeña aguja e intenta dibujar el movimiento de la misma sobre un papel encerado. Poco después graba con la punta de la aguja una cinta de papel cubierta de parafina. Cuando posteriormente recorre con la aguja esa misma huella, se escuchan de nuevo en la membrana las mismas palabras que antes se habían pronunciado paralelamente a los correspondientes movimientos de la aguja.

Técnicamente, nada ha cambiado en el principio de la acumulación de señales acústicas. Numerosas sofisticaciones se ocupan posteriormente de conseguir una mejor calidad del sonido. Sin embargo, es el disco láser el que marca el comienzo de una nueva era en el almacenamiento digital de las ondas sonoras.

Hemos empleado el concepto de "digital". Su contrapartida es el concepto de "análogo". Estos términos son fundamentalmente característicos de distintos modos de acumular las informaciones. Para hacerlo más inteligible, consideremos un termómetro corriente: en él se registran los cambios de temperatura mediante la correspondiente variación de la longitud de la columna de mercurio. Esta columna sube o baja en analogía (del griego *analogos* = correlativo a la medida) con la temperatura del ambiente. También la regla de cálculo es un aparato análogo, toda vez que en ella los productos

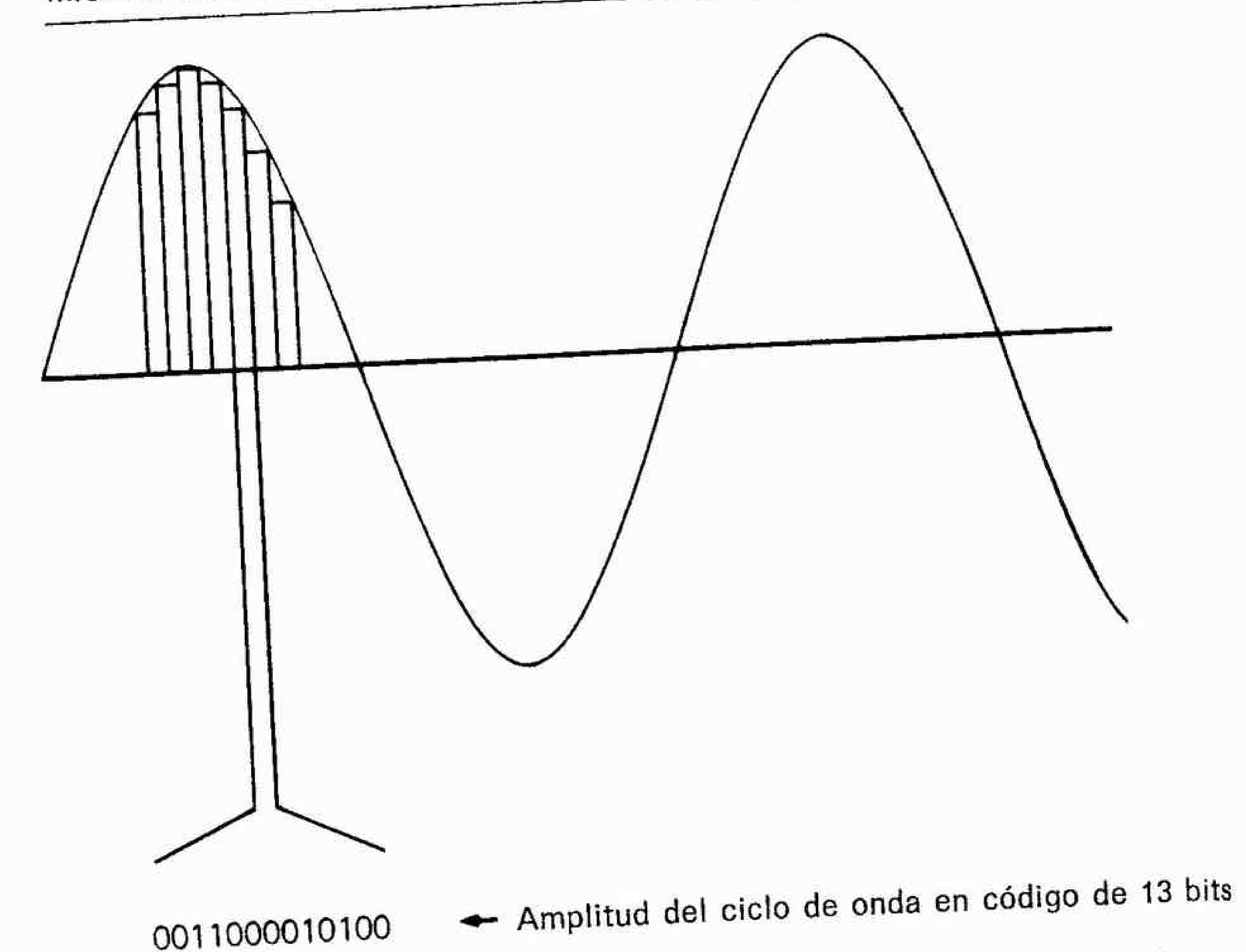


Fig. 43. Conversión de las ondas sonoras analogas en información digital.

corresponden a dos números que guardan analogía con determinadas longitudes de la corredera.

Los aparatos digitales, en cambio, se basan en el procedimiento del cálculo. Si en un reloj de bolsillo la hora del día se indica en cifras (p. ej., 20,49 horas), nos hallamos ante una representación digital. En cambio, los relojes con minutero y segundero funcionan de acuerdo con el método analógico. Para la representación digital se necesita una base numérica. Históricamente existen diversas bases numéricas: la base 10, que tiene diez cifras y que utilizamos casi exclusivamente en la vida cotidiana; el sistema de base 6, que tiene seis posiciones (la indicación horaria tiene lugar en esta base numérica), etc. En informática se emplea exclusivamente el sistema binario que sólo conoce dos elementos: el 0 y el 1 (véanse págs. 4 y ss.).

Actualmente toda la técnica del sonido se basa en el principio de la transmisión acústica analógica. Las ondas sonoras se transforman, mediante el micrófono, en ondas electromagnéticas de análoga frecuencia y amplitud. Y viceversa: la variación cambia, por así decirlo, de un medio a otro, manteniendo su carácter y su forma.

En la transmisión digital, que fue patentada ya en 1939, la onda sonora queda suprimida y desaparece como tal onda, mientras que todo lo que conservamos de ella es su exacta descripción matemática: cada onda sonora viene a ser medida electrónicamente y computerizada.

El oído humano percibe frecuencias desde 20 hasta 20.000 hertzios. Para poder captar digitalmente una onda sonora que vibre 20.000 veces por segundo, hay que "leer" su desarrollo por lo menos 40.000 veces por segundo, es decir, que la cresta y el seno de la onda se dividen aproximadamente en 40.000 fracciones. Cada una de estas fracciones de onda tiene una determinada amplitud, es decir, la altura de la amplitud como medida para la intensidad del tono (fig. 43). Estas amplitudes son descritas por los técnicos en 8.192 grados diferentes. ¿Y por qué precisamente ese número? En el sistema binario, cada número puede describirse desde 0 hasta 8.192 mediante una serie de 13 x 0 ó x 1, es decir, que para la codificación digital de las ondas se utiliza un sistema de 13 bits. También se podría utilizar un sistema de 10 ó de 15 bits. El código de 10 bits reproduciría las amplitudes de onda en distancias demasiado amplias, mientras que el de 15 bits lo haría en distancias demasiado cortas. De ahí que se adopte el código de 13 bits como compromiso entre las exigencias de una reproducción fiel al sonido y la posibilidad de superar grandes cantidades de información elemental. De todas formas, cada segundo se deben leer y transmitir 40.000 veces 13 cifras binarias, es decir, en total más de un millón de informaciones elementales a fin de poder captar digitalmente una simple onda acústica.

La acumulación digital y la transmisión hacen posibles unas calidades de tono fundamentalmente superiores a las del sistema análogo. Permite captar plenamente la totalidad de la escala de las diferencias de volumen perceptibles entre el tono más bajo y el más alto de una pieza musical. Los discos musicales tradicionales captan diferencias de volumen del sonido de hasta 65 decibelios (el decibelio es la unidad de medida del volumen del sonido). En el sistema digital se captan desde 85 decibelios en adelante. Puesto que se trata de una escala logarítmica, la diferencia de 20 decibelios represen-

ta una diferencia del factor 100. Además, se pueden transmitir con toda exactitud variaciones en la altura del sonido entre 2 y 20.000 hertzios. Mientras que en la transmisión convencional del sonido se producen irregularidades en torno al 1 %, en el sistema digital oscilan en torno al 0,03 %.

Durante mucho tiempo la acumulación digital planteó toda una serie de problemas técnicos. De ahí que Philips y Sony utilicen discos de polivinilo con una cubierta metálica. La cara de plástico está cubierta de agujeros microscópicos producidos con rayo láser. El agujero o su ausencia corresponden al código binario 0 - 1.

El disco gira a 1.800 r.p.m. y su superficie es leída/palpada por un rayo láser. El tiempo necesario para reflejarse hacia un receptor (célula fotoeléctrica) depende de que el rayo láser penetre o no en un orificio del disco. De esta forma, la célula fotoeléctrica contendrá la muestra binaria de 0 y 1, remitiéndola de vuelta, y así podrá volver a constituirse la onda sonora a partir de esa información, transmitiéndose aquélla a nuestro oído en forma de impresión acústica. El disco no fue el único medio posible para la acumulación de las ondas sonoras, la cual puede realizarse no sólo mecánicamente, como en el caso del disco, sino también en forma magnética, como sucede en la cinta magnetofónica.

El soporte del sonido fue primeramente una cinta de acero y más tarde una cinta de plástico con una superficie magnetizable. La cinta gira en una bobina que, penetrada por la corriente de un circuito microfónico, ejecuta magnéticamente uno tras otro los puntos del soporte del sonido con la cadencia de las ondas sonoras.

En los últimos decenios se han inventado otras posibilidades de aplicación del procedimiento de grabación magnética diferentes de la acumulación de las ondas sonoras. Hoy día estos nuevos métodos sirven en la televisión para la repetición de las imágenes y en las instalaciones electrónicas de cálculo para la acumulación digital de datos (véase pág. 24).

18. MÚSICA EN EL ÉTER

Además de la transmisión de señales mediante el telégrafo y el teléfono, y de la acumulación de sonidos en el disco y en la cinta magnetofónica, el siglo XIX trajo consigo otras innovaciones revolucionarias en el campo de las técnicas de comunicación: la invención de la telegrafía sin hilos, la radio y la televisión. Cuando el físico ale-

mán Heinrich Hertz confirmó experimentalmente en 1888 las ondas electromagnéticas que unos decenios antes había pronosticado teóricamente James Maxwell, nadie advirtió la importancia de este descubrimiento. Cuatro años más tarde escribiría el científico británico Sir William Crookes: «Aquí se ofrece la fascinante posibilidad de una telegrafía sin hilos, sin cables, sin toda una estructura dispendiosa. Dos amigos que vivan en el límite de la capacidad de transmisión de sus receptores podrán ajustar sus aparatos a determinadas longitudes de onda y, con la frecuencia que les interese, comunicarse mediante radio de onda larga y corta con los signos de la escritura morse.» Dos años después, el italiano Guglielmo Marconi comienza a experimentar con las ondas electromagnéticas.

En 1894 consigue transmitir noticias sin hilo y para ello construye lo que se llama un circuito oscilatorio. Para comprender su forma de actuación, necesitamos unos cuantos datos sobre electrofísica.

Los circuitos oscilatorios constan de bobinas y condensadores. Las primeras producen campos magnéticos y los segundos campos eléctricos (entre las placas de los condensadores). Las bobinas y el condensador se pueden conectar de forma que se produzca un



Fig. 44. Guglielmo Marconi (1874-1937).

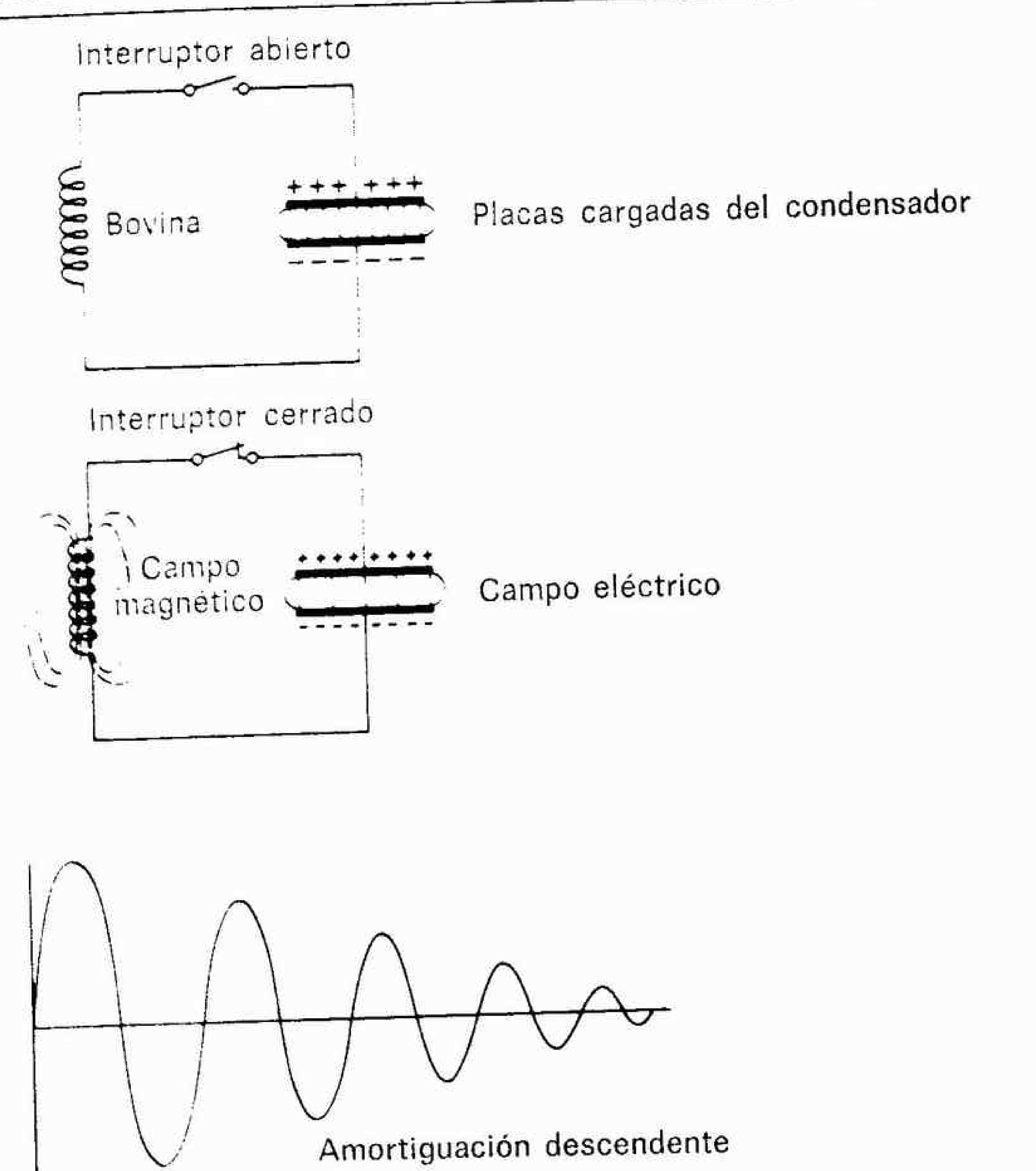


Fig. 45. Esquema de un circuito oscilatorio.

efecto alternativo entre el campo magnético y el campo eléctrico (fig. 45).

Supongamos que el condensador está cargado. Al cerrar el interruptor, se descarga el condensador. Fluye entonces, a través de las bobinas, la llamada corriente de descarga y el campo eléctrico se desvanece entre las placas. Pero al mismo tiempo se produce un campo magnético en la bobina, si bien éste no puede formarse sin dificultades, toda vez que la autoinducción de la bobina permite que

se produzca una tensión siempre que varíe el campo magnético (la tensión producida por la autoinducción se dirige siempre contra la corriente que debe producir el campo magnético). El efecto de esta antitensión exige la formación del campo magnético. Mediante la descarga del condensador se desvanece un campo magnético en la bobina. Tan pronto termina la descarga del condensador, ambas placas tienen el mismo potencial, y el campo magnético queda constituido al máximo nivel, volviendo a desvanecerse el campo magnético. De esta forma, en la bobina se genera una tensión que se opone a la tensión original del condensador, lo que permite la aparición de una corriente que vuelve a cargar al condensador, aunque con signo contrario.

A continuación el condensador vuelve a entregar su energía a la bobina. Este intercambio continuo entre energía magnética y eléctrica es lo que se denomina circuito oscilatorio cerrado. La corriente que así se produce tiene forma sinoidal, es decir, que genera una vibración ondulada: la frecuencia de esta oscilación depende del tamaño de la bobina y del condensador.

En el orden descrito, las oscilaciones vuelven a sonar al cabo de poco tiempo, dado que en el circuito oscilatorio se producen pérdidas por fricción, apareciendo así una vibración "amortiguada". Cuando las pérdidas oscilatorias se compensan por suministro desde el exterior de la misma energía que se pierde, se producen oscilaciones no amortiguadas. El generador de oscilaciones capaz de posibilitar el logro de este objetivo recibe el nombre de "oscilador".

Para poder enviar de esta forma señales a larga distancia, se necesita otro dispositivo adicional llamado antena, un aparato de distintas formas capaz de proyectar con la máxima eficacia posible campos electromagnéticos alternativos. La antena más sencilla de emisor o receptor es un alambre de variable longitud. En 1899, Marconi instaló en el sur de Inglaterra la primera gran estación de radio con una potencia de 20 kilowatios, increíble para aquella época. Dos años después, Marconi viajó a América, donde captó, a 4.000 kilómetros de distancia, una señal previamente convenida.

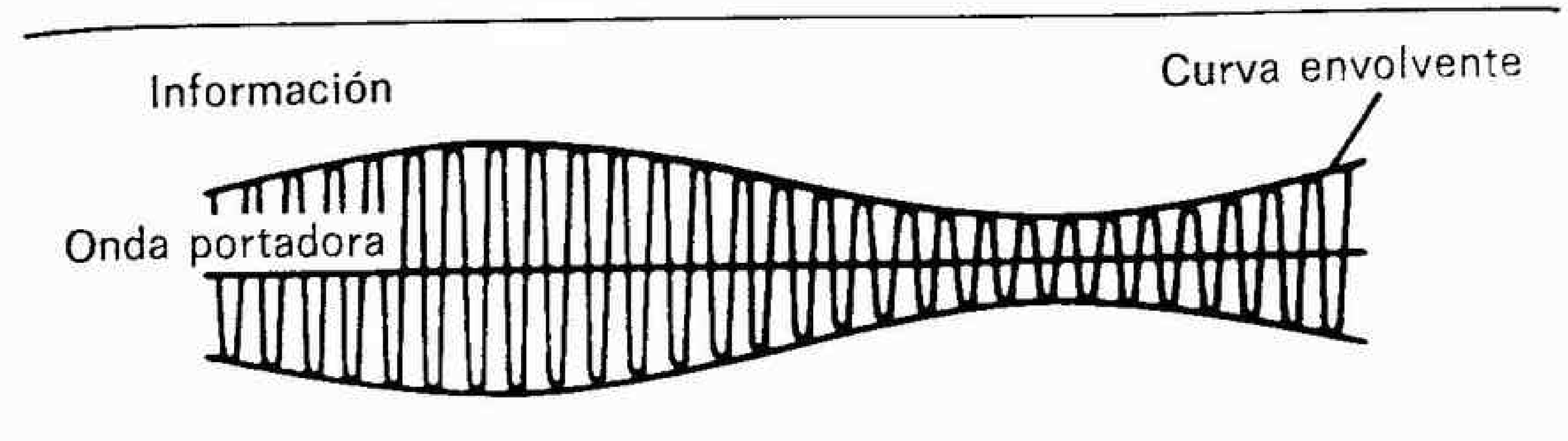
Pero no concluyó todo con la telegrafía sin hilos. Poco después surgió el deseo de transmitir la palabra hablada a través del éter. Al dispositivo emisor se conectó un micrófono que "modulaba" las ondas emitidas al hablar, siguiendo el ritmo de las vibraciones sonoras. En el receptor bastaba con un rectificador y un teléfono convencional. De esta forma irrumpió la era de la radiofonía y con ella los medios de comunicación de masas que son la radio y la televisión.

El 2 de noviembre de 1920 entró por primera vez en funcionamiento una emisora instalada en los terrenos de la empresa Westinghouse Electric, poniendo en funcionamiento una avalancha increíble de aparatos de radio. Dos años después se habían otorgado ya 564 permisos de instalación de emisoras y entre los americanos se desencadenó una auténtica fiebre de radio. Europa no tardó en contagiarse de aquella epidemia. La emisora Radio Alemana se inauguró en Berlín en 1923 con un primer programa. Dos años más tarde, más de un millón de alemanes disponían ya de sus propios aparatos de radio.

Con el aumento del número de emisoras, surgió también el colapso de las ondas en el éter. Al cabo de pocos años quedaban cubiertas las longitudes de onda disponibles en el espacio. Producto de un convenio internacional, se fundó una asociación internacional de radio que determinó un "plano de ondas" por el que a cada país se le adjudicaba un determinado número de frecuencias.

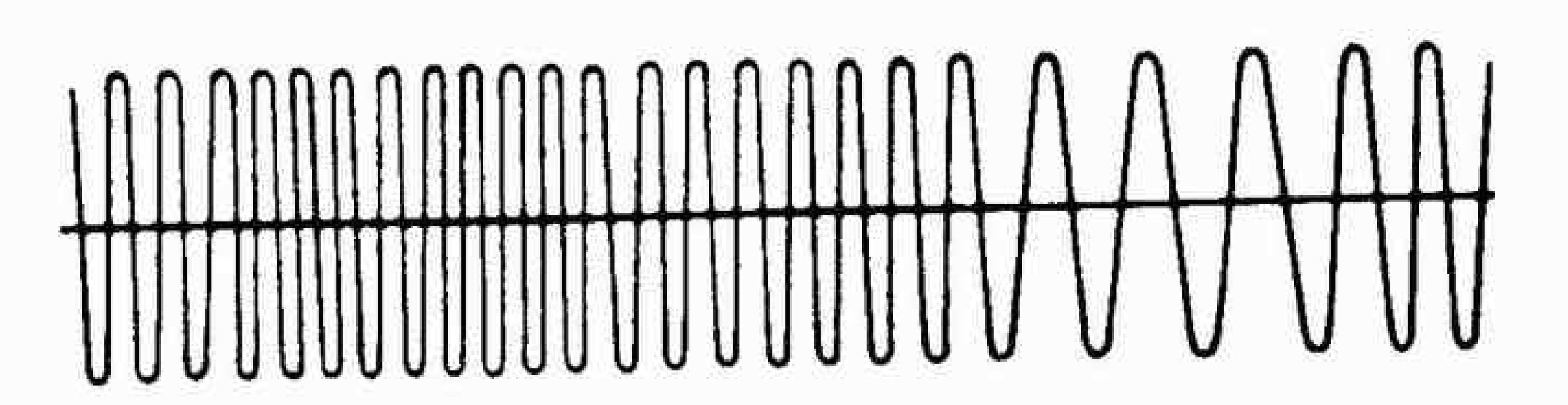
Antes de ocuparnos de los fundamentos técnicos de la televisión, explicaremos algunos conceptos de la técnica radiofónica. Para la transmisión sin hilos de la información se utilizan unos "soportes" sobre los que se carga (como vagones sobre trailers) la onda portadora de la noticia propiamente dicha. A este procedimiento se le llama modulación y dispone de dos posibilidades: la modulación de frecuencia y la modulación de amplitud (fig. 46). En la modulación de amplitud se modifica la altura de la frecuencia de onda del soporte al ritmo de las señales que han de transmitirse. La frecuencia en sí permanece constante. En la modulación de frecuencia se modifica la frecuencia del soporte al ritmo de las señales a transmitir, mientras que la amplitud permanece inalterada. Los dos conceptos se conocen con las abreviaturas de AM y FM.

¿Cómo se desarrolla en la práctica la modulación de frecuencia? Para el dispositivo emisor ya descrito (circuito oscilatorio) se necesita un modulador, el cual controla la amplificación de la onda de soporte que va a ser proyectada. Si, de forma simplificada, nos imaginamos la onda de la noticia como un tono sinoidal, en la onda de emisión aparecerá como una curva cóncava de la onda del soporte (fig. 46). Para que en la transmisión no se produzcan falsificaciones de ningún género, la frecuencia del soporte debe ser esencialmente superior a la frecuencia del tono. En el campo de la radio se imponen, entre otras longitudes de onda, ondas largas (30-200 KHz), ondas medias (300 KHz-3 MHz), ondas cortas (3 MHz–30 MHz) y ondas ultracortas (30 MHz-300 MHz), en calidad de soporte.



Alta frecuencia de amplitud modulada

Modulación de frecuencia



Alta frecuencia de frecuencia modulada

Fig. 46. Modulación de amplitud y modulación de frecuencia (explicación en el texto).

Estas diferentes longitudes de onda o frecuencia tienen ventajas o desventajas en relación con las técnicas de emisión y recepción, así como en lo concerniente a su difusión.

19. LA TELEVISIÓN

Ya hemos visto cómo al principio se consiguió transformar las ondas sonoras en impulsos eléctricos y cómo éstos se pudieron difundir mediante cable o sin hilos. Ahora llega el momento de ocuparnos de la técnica del vídeo, imitación en cierto sentido del ojo humano. En la figura 47 se compara la cámara fotográfica con el ojo. En principio, ambos funcionan de la misma forma: una lente concentra los rayos luminosos que inciden en ella, formándose una imagen invertida. En el aparato fotográfico sucede lo mismo, pero la imagen se forma sobre una película, mientras que en el ojo se

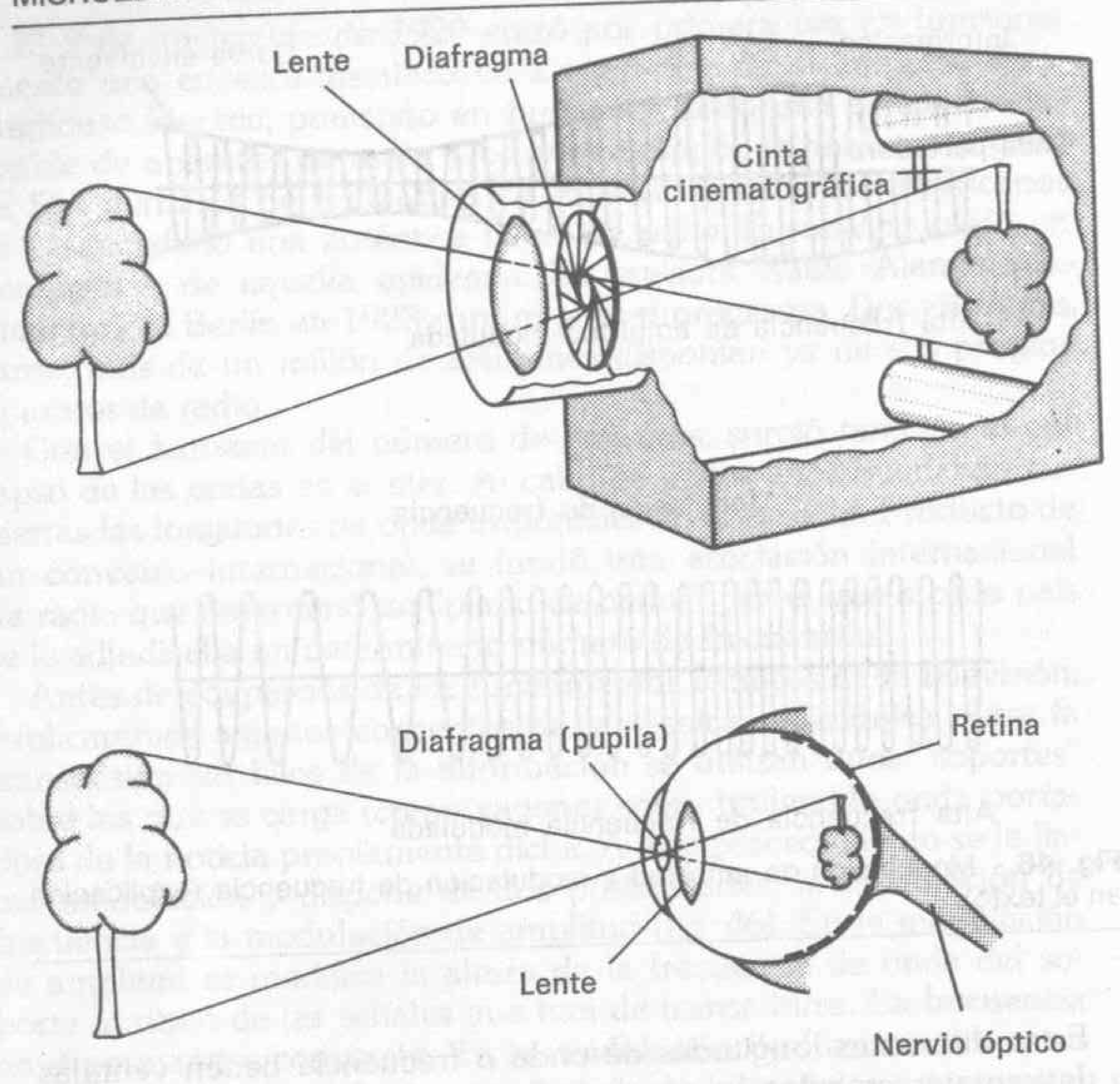


Fig. 47. Comparación entre aparato fotográfico y ojo.

forma en la retina. La capa fotosensible de la retina consta de unos
100 millones de células capacitadas para convertir las ondas elec-
tromagnéticas de la luz en impulsos nerviosos. La contrapartida de
la neurona fotosensible es la célula fotoeléctrica, que se correspon-
de con la célula sensorial de la retina en el ojo en el sentido de que
transforma los valores eléctricos según sea la intensidad de la luz.

Esta exigencia la cumple un elemento químico llamado selenio.
Lo extraordinario de éste radica en que su resistencia eléctrica cam-
bia ante la incidencia de la luz: si se conecta una de estas "células de
selenio" a un circuito eléctrico, caerá sobre ella una tensión que se
modifica al iluminarse la superficie de selenio. La célula de selenio

es, por tanto, un "transformador" que cambia las ondas luminosas en ondas electromagnéticas, lo mismo que el micrófono transforma las señales acústicas en señales electromagnéticas. En todo caso, los intentos de transmitir imágenes por medio de células fotoeléctricas tuvieron unos resultados poco satisfactorios.

El impulso definitivo le vino a la técnica de televisión por medio de los tubos de Braun (fig. 49), que consisten en unos émbolos de cristal que bombean el aire hacia fuera (de ahí que se llamen tubos al vacío) y en cuyo interior se encuentra una especie de filamento incandescente. Está cubierto de determinados materiales que emiten numerosos electrones al entrar en estado de incandescencia. Esta capa asume la función del cátodo (cátodo y ánodo son las respectivas denominaciones del polo negativo y del polo positivo).

En el extremo opuesto al del cátodo se halla una placa que es el ánodo. Si se conecta el cátodo con el polo negativo de un foco de tensión y el ánodo con el polo positivo, el ánodo atrae los electrones emitidos por el cátodo, produciéndose así una corriente eléctrica que se mueve en forma de rayo electrónico. Esta disposición tie-



Fig. 48. Ferdinand Braun (1850-1918).

ne el objeto de acelerar en dirección hacia el ánodo los electrones emitidos por la capa incandescente. Si el ánodo está provisto de un orificio, los electrones pasan por él cuando tienen suficiente impulso y llegan a la pared interior de los tubos. Si a éstos se les provee en su interior de una capa de fósforo especial que emita luz allí donde incida un rayo electrónico, tendremos listo para funcionar el tubo de Braun: la mancha de luz se convierte en el punto de la imagen de un televisor que es "escrito" con un rayo electrónico. Para ello, el rayo electrónico puede ser orientable en dos dimensiones, pues debe producir líneas horizontales una tras otra y así reproducir una imagen al menos 25 veces por segundo, punto por punto y línea por línea. Además, su intensidad debe ser variable y controlable, pues el punto luminoso debe poder reproducir los valores grises de cada uno de los puntos de la imagen.

Ocupémonos primeramente del mando del brillo. Para ello, se coloca entre el cátodo y el ánodo una pantalla en forma de cilindro con un orificio para la salida del rayo. En este cilindro se sitúa una tensión negativa que actúa repeliendo los electrones negativos. Variando la tensión negativa del cilindro se puede controlar la intensidad del rayo electrónico y, por consiguiente, la claridad del punto de la imagen. En una tensión negativa muy elevada el rayo electrónico queda totalmente inhibido (cuanto menor sea la tensión negativa, tanto mayor es el número de electrones que inciden en la capa luminosa). El mando regulador del brillo del televisor se basa en este principio para ajustar la claridad de la imagen.

A continuación debe orientarse el rayo luminoso nuevamente en la forma indicada, lo que tiene lugar mediante el llamado procedimiento de salto de líneas. En él el rayo electrónico es influido en su orientación a base de campos electrostáticos o magnéticos. Con el método electrostático el rayo electrónico circula por un par de placas dispuestas horizontalmente y otras dos dispuestas verticalmente. Si en las placas se aplica una tensión eléctrica, los electrones negativos del rayo son atraídos por la placa de polaridad positiva. El rayo modifica entonces su orientación.

De esta forma puede desplazarse a voluntad el punto de la imagen. La combinación del mando horizontal y el vertical de la orientación del rayo luminoso hace posible conducir las manchas de luz en las líneas a través de la pantalla de imagen. En 1930 se produjeron las primeras imágenes televisivas basadas en este principio.

En el receptor de televisión es muy importante la sincronización. Los rayos electrónicos de la cámara de televisión y del tubo recep-

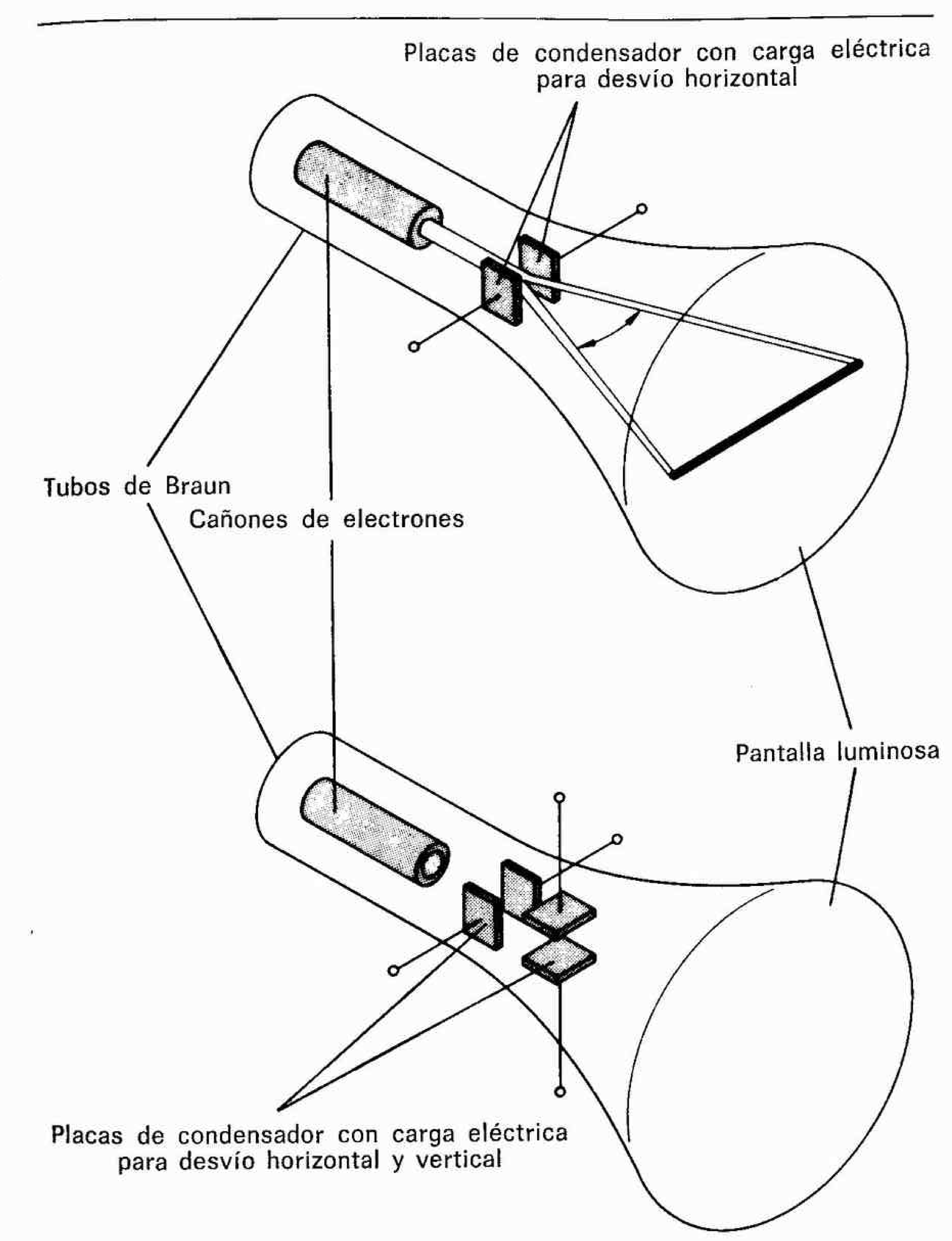


Fig. 49. Mando de orientación del punto de imagen en los tubos de Braun.

...tor deben estar conectados de igual forma en todos los sentidos. El emisor debe proporcionar el ritmo de emisión de la información sobre la posición exacta que adopta en la pantalla el rayo electrónico. Esto se lleva a cabo mediante "impulsos sincrónicos" que el aparato televisor transforma en órdenes de movimiento para el rayo electrónico. Estos impulsos sincrónicos no contienen ninguna información de imagen, pues ésta la suministra la "tensión de vídeo".

La transmisión de imágenes televisivas tiene lugar con cable o sin cable en los canales VHF *(Very High Frequency)* y UHF *(Ultra High Frequency)*. Estas gamas se distribuyen en "bandas" y "canales". El soporte del canal 38, por ejemplo, tiene una frecuencia de 607,25 MHz para la transmisión de imagen y 612,75 MHz para la transmisión del sonido.

Consideremos por último el principio del televisor en color. La luz es una mezcla de diferentes longitudes de onda. La luz normal del sol es, en nuestra sensibilidad, "blanca". El físico Isaac Newton observó, hace ya más de trescientos años, que la luz solar blanca se descompone, mediante un prisma de cristal, en los colores que conocemos como los del arco iris (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta). El color que se percibe depende de la composición espectral de la luz. Parece que tres colores básicos son suficientes para estimular todas las sensaciones cromáticas posibles, según sea la mezcla que de ellos se haga. Así, una mezcla de rojo y verde producirá el amarillo. A estos colores (rojo, verde y azul) se les llama también colores primarios.

Del conocimiento de este principio no hay mucho trecho hasta la televisión en color. En el procedimiento de transmisión simultánea las imágenes en color son "desintegradas" en las correspondientes señales rojas, verdes y azules, para volverse a recomponer inmediatamente de forma sincronizada. Para la televisión en color hay actualmente diversas normas y métodos incompatibles entre sí.

Igual que en el sector del audio, el tránsito del disco tradicional al disco láser marcó una tecnología totalmente nueva, y los especialistas cuentan con una innovación de características semejantes para la televisión del futuro: la imagen plana. Hace años se viene trabajando en una superficie luminosa tan fina que podría colgarse en la pared como un cuadro y que, no obstante, podría adaptarse a las dimensiones de un reloj de pulsera.

Los tubos de Braun no son solución a este problema, siendo necesario un principio totalmente nuevo de reproducción de la imagen. Numerosos laboratorios de investigación de todo el mundo in-

tentan actualmente conseguirlo con diversos métodos: los laboratorios Bell, Siemens, Thompson-CSF, Philips y otros están desarrollando una reproducción de la imagen sobre la base de la electroluminiscencia que se basa en la propiedad, ya descubierta en 1936, típica de algunas mezclas químicas capaces de iluminar al ser excitadas eléctricamente. También parece muy prometedor el método de los llamados cristales líquidos como material para la pantalla. Se trata de sustancias orgánicas especiales que reciben ese nombre por poseer en estado líquido algunas propiedades de los cristales y cuya penetrabilidad a la luz se modifica al fluir la corriente eléctrica. Los cristales líquidos se han puesto ya en circulación en los indicadores de los relojes de pulsera y de las calculadoras. Sobre todo, las firmas japonesas Casio, Sony, Toshiba e Hitachi han empezado ya a comercializar minitelevisores con pantalla plana de cristal líquido. En una superficie luminosa de aproximadamente 3 x 4 cm aparecen 55.000 puntos de imagen. Seiko, basándose en el mismo principio, pero con una técnica refinada, quiere lanzar pronto al mercado un aparato de televisión del tamaño de un reloj de pulsera. Otra variante es la imagen de plasma. Se basa en el fenómeno de que las descargas eléctricas de los gases provocan efectos luminosos. Muchas empresas vienen ensayando sobre este principio desde hace decenios. En 1982 Siemens informó que había desarrollado una pantalla en blanco y negro de 40 cm de diámetro y 6 de espesor que estaba compuesta de 448 x 720 puntos de imagen.

20. SATÉLITES, ÓPTICA DE FIBRA DE VIDRIO Y LÁSER

Para concluir este capítulo nos referiremos brevemente a los fundamentos técnicos de los satélites, los cables de fibra de vidrio y la técnica láser. Estos tres campos desempeñan un papel importante en las aplicaciones microelectrónicas en varios sentidos.

¿Qué son los satélites? Son cuerpos no habitados que flotan en el espacio y que se encuentran en una órbita alrededor de la Tierra o de algún otro astro. Independientemente de las pequeñas maniobras necesarias para corregir la órbita, los satélites se mueven sin impulso sobre una órbita elíptica según las leyes de la mecánica espacial. Pesan desde varios kilos hasta muchas toneladas y son lanzados al espacio por cohetes portadores.

El 4 de octubre de 1957 los soviéticos pusieron en órbita alrededor de la Tierra el primer satélite, que se llamó "Sputnik", provo-

cando una considerable inquietud en Estados Unidos. Los soviéticos se habían situado a la cabeza de la tecnología espacial.

Se puso en marcha entonces en Estados Unidos un ambicioso programa de investigación espacial que, por una parte, culminaría con la llegada del hombre a la Luna y, por otra, traería consigo toda una serie de innovaciones tecnológicas que actualmente se han aprovechado en gran medida sobre la Tierra.

La utilización de satélites en las técnicas de comunicación es el resultado de la necesidad de transmisión intercontinental de grandes caudales de noticias (fig. 50). Los cables submarinos de que se dispone actualmente han dejado de ser suficientes para transmitir todas las conferencias telefónicas que se celebran entre Europa y Norteamérica. Los satélites modernos, en cambio, están capacitados para transmitir simultáneamente decenas de miles de conferencias telefónicas. Representan, por consiguiente, una competencia directa a la comunicación por cable, especialmente en el tráfico a larga distancia. Las actuales conexiones por cable mediante conductores de cobre apenas pueden hacer frente ni siquiera al tráfico a corta distancia. Por ello se está aplicando ante todo en distancias cortas la llamada técnica de conductor de ondas luminosas, donde los cables eléctricos son sustituidos por mazos de fibra de vidrio. En lugar de señales eléctricas, aparecen impulsos luminosos. Los cables luminosos son mucho más versátiles que los eléctricos: absorben frecuencias muy superiores y tienen, por tanto, mucha más capacidad de información, además de ser insensibles y estar exentos de averías. Una sola fibra de vidrio tiene aproximadamente una décima de milímetro de espesor, pero es capaz de transmitir ocho millones de unidades informativas por segundo. Mientras en el cable de cobre las noticias se transmiten sobre todo en sistema "analógico", en la fibra de vidrio se transmiten en forma digital. Los impulsos eléctricos que representan al 0 y al 1 son transformados en impulsos luminosos mediante un rayo láser y circulan por el cable a la velocidad de la luz.

Los sistemas de transmisión ópticos constan esencialmente de tres elementos: el transformador electroóptico, que transforma en impulsos luminosos la señal eléctricamente codificada (es un láser); la fibra de vidrio como conducto de transmisión y el transformador opticoelectrónico (p. ej. un fotodíodo), que reconvierte la luz que incide en él en la señal eléctrica original. La conducción de la luz en una fibra de vidrio se fundamenta en el principio de la refracción total que experimenta la luz en una franja límite entre los ma-

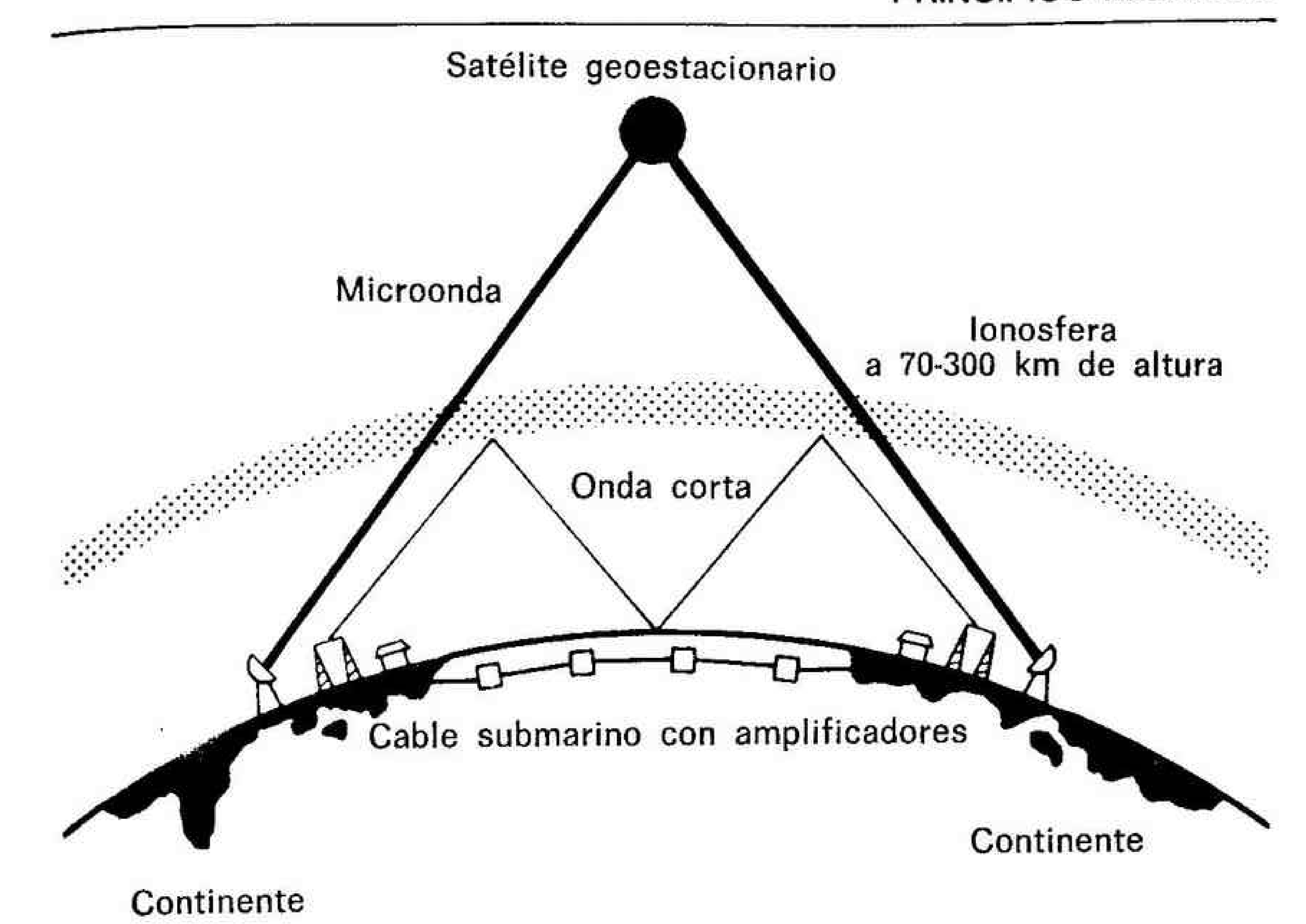


Fig. 50. Transmisión de noticas a larga distancia.

teriales de diverso índice de refracción con un ángulo de incidencia plano. La fibra, pues, se compone de un núcleo con alto índice de refracción y una envoltura con bajo índice de refracción. Esto significa que la luz irradiada en forma plana sobre la fibra se mueve hacia delante con movimientos más o menos zigzagueantes en el eje de la misma fibra.

El procedimiento de transmisión es digital, como ya se ha dicho, toda vez que los procesos de conexión y de desconexión son más fácilmente convertibles en impulsos luminosos que, por ejemplo, las señales de amplitud modulada que debieran controlar la claridad de un foco luminoso. En el procedimiento PCM (=pulso código modulación), frecuentemente utilizado, se toman pruebas de una señal lingüística al ritmo de 8.000 por segundo y a continuación se interpreta su dimensión en un determinado código, siendo remitida esta información, como consecuencia de una serie de impulsos con valor 0 ó valor 1, a través del conductor. Las cadenas de impulsos que inciden en el otro extremo se transforman nuevamente en la señal original. En los períodos que median entre la lectura de una conver-

sación, se codifican cíclicamente una serie de ulteriores conversaciones según el mismo método, y las series de impulsos así obtenidas circulan una tras otra como encajadas a través de un solo conducto. Actualmente los sistemas de fibra de vidrio hacen posible la transmisión simultánea de unas 2.000 conversaciones telefónicas, lo que equivale a unos 140 millones de impulsos o pausas de impulsos por segundo.

Mientras los cables convencionales necesitan un amplificador cada uno o dos kilómetros a fin de "reforzar" las señales eléctricas debilitadas, en el caso de las fibras de vidrio, y dependiendo de su forma y constitución, sólo se necesita un amplificador cada 10 ó 50 kilómetros. Para ello se requiere un cristal de suma transparencia: si de ese material se fabricase un cristal de ventana que tuviera 800 metros de espesor, tendría que tener la misma transparencia que un cristal normal y corriente.

La transmisión por fibra de vidrio y la comunicación vía satélite se complementan entre sí, aunque se hacen mutuamente la competencia. En los próximos años se comprobará cuál de ambas se confirma como la mejor.

Ya hace tiempo apareció el término clave *láser*, abreviatura de «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» – amplificación de la luz mediante emisión de radiación estimulada. Con esa nomenclatura es difícil imaginar algo concreto. Lo único que sugiere es que se trata de una fuente luminosa totalmente distinta de la que se tiene en una lámpara incandescente.

La física cuántica ha demostrado que la luz puede describirse matemáticamente como onda o como partícula. Ambas cosas son imágenes de fenómenos naturales y ambas se pueden utilizar para explicar la diferencia entre una lámpara incandescente y un rayo láser. El filamento incandescente por el que circula la corriente pone en la lámpara a los diversos átomos metálicos en disposición de estímulo y de enriquecimiento energético. En el paso de un estado más estimulado a otro menos estimulado se emiten unidades de luz (fotones) que son hasta cierto punto pequeños paquetes (quanta) de energía. Además se irradian emisiones de calor tal como las que hemos visto en la explicación de los tubos de Braun, así como también electrones. Los quanta de luz se emiten en una muestra totalmente irregular.

En el caso del rayo láser es totalmente distinto: emite una luz que se denomina coherente. La frecuencia y la fase de la luz vibran a un mismo ritmo. La luz coherente se compone de unidades luminosas

de la misma energía. Ya las hemos descrito como pequeñas bolas de fotones. Pero también se pueden considerar como paquetes de ondas. No sólo tienen la misma frecuencia, sino que al mismo tiempo forman también la misma cresta y el mismo seno de la onda. El físico habla de "unidad de fase". Con ayuda del rayo láser se pueden poner, pues, al mismo paso disciplinado cuatrillones de átomos que emiten su luz intermitentemente.

El foco luminoso más sencillo que hay en este nuevo tipo es el láser de cristal. En su ejemplo se puede explicar el principio de la "irradiación forzada". Para ello se utiliza, por ejemplo, un cristal de rubí artificial en forma de bastón cuyos extremos se han rectificado con altísima precisión y se han dispuesto paralelamente entre sí. En estos extremos se aplica una capa de plata semitransparente y semirreflectora sumamente tenue. La red de cristales de rubí contiene además una determinada cantidad de iones de cromo, los cuales son estimulados por la irradiación de fotones. Entre ambos extremos del espejo de bastones se forman ondas electromagnéticas que impelen a los iones de cromo a irradiar al mismo ritmo. Los electrones ejecutan, simultáneamente y al mismo ritmo, los mismos saltos unitarios y una luz muy concentrada en el rayo coherente abandona el láser a través de la capa semitransparente de plata.

Puesto que los rayos láser se propagan prácticamente paralelos, tienen unas propiedades especiales por las que se les puede aplicar tanto para la medición de distancias como para servir de fuente energética. La denominación de "rayo de la muerte" que suele aplicarse en los medios de comunicación a la luz láser, procede de que los rayos láser están perfectamente capacitados para atravesar los diamantes.

Pero en la técnica de las comunicaciones lo de menor importancia es la energía inherente a los rayos láser intensos. Lo que interesa es la elevadísima exactitud con que puede controlarse sobre un punto diminuto un rayo láser sumamente fino. En consecuencia, nos encontramos con rayos láser en el disco digital, en las memorias ópticas de datos, en la transmisión de informaciones por fibra de vidrio y en otras aplicaciones.

21. EN CAMINO HACIA LAS REDES INTEGRADAS

Con la técnica de los satélites y de la fibra de vidrio hemos conocido métodos modernos para la transmisión de informaciones. El

sistema electrónico de comunicaciones que convierte al globo terrestre en una gigantesca tela de araña, está sometido actualmente a un profundo cambio. Hasta ahora había redes que funcionaban por separado y que trabajaban bien como distribuidores (radio y televisión) o bien como medios de transmisión, es decir, que los interlocutores podían comunicarse por ellos (teléfono). Actualmente se están montando nuevas redes que tienen función tanto distribuidora como transmisora. No sólo son más rápidos y más capaces, sino que además aportan nuevas dimensiones al mundo de la información y que aún han de tener efectos imprevisibles. En este aspecto se utiliza frecuentemente el concepto de "red de datos". A continuación trataremos de delimitar las características de estas innovaciones.

Las redes se pueden diferenciar no sólo entre sí, de acuerdo con su función (distribución o transmisión), sino también en relación con el medio de la transmisión informativa. Hay conexiones sin hilos y conexiones por cable. Se distingue entre redes de banda ancha y de banda estrecha. En las primeras, la anchura no supera la de un canal telefónico. El cable de banda estrecha clásico consta únicamente de un par de conductores como los que conocemos en el uso doméstico. Por el contrario, los cables llamados coaxiales, en cambio, son de banda ancha y pueden transmitir simultáneamente un gran número de canales. Antes de la era de la elaboración electrónica de datos las conferencias telefónicas se transmitían ante todo por cable. Bastaba para ello una velocidad de transporte comparativamente baja. Además, en la mayoría de los casos funcionaban por el sistema analógico.

Cuando en los años sesenta fue aumentando la necesidad de instalar redes para la transmisión rápida de datos, se empezaron a montar redes de transmisión digital. En los años siguientes estas redes se ocuparían cada vez más de la transmisión de las comunicaciones telefónicas. El correo federal alemán ofrece en el marco del llamado servicio DATEL (teléfono de datos) toda una serie de posibilidades de comunicación de datos. Ya a finales de los años setenta se instaló una red selectiva especial con transmisión de conductos, la llamada red DATEX *(Data Exchange)*. Mientras el cable telefónico tradicional transmite informaciones a una velocidad de 300 bits por segundo, las redes DATEX son capaces de transmitir hasta 48.000 bits por segundo.

Con el cambio a la nueva técnica de redes, se realizan inversiones gigantescas. El coste de la red que cubre la superficie de la República Federal Alemana con cables de banda ancha es de 26.600 millo-

nes de dólares y no quedará concluida hasta el año 2000. El teléfono digital se introdujo en 1981 primeramente a modo de ensayo. A mediados de los años 80 serían corrientes los sistemas de transmisión digital en las comunicaciones locales y a distancia.

Hasta que la técnica de la fibra de vidrio haya madurado por completo y resulte adecuada comercialmente, se tenderán cables coaxiales que hagan posible la comunicación en banda ancha. En 1984 se pudieron aplicar a este fin sumas de hasta 1.000 millones de dólares, la mitad por la industria manufacturera que colabora con el correo federal.

La comunicación por ordenadores, el teléfono, el videotext, el télex y muchos otros servicios no serían posibles sin los nuevos equipos de redes. Estos últimos han ido creciendo hasta cierto punto como el sustrato en que se apoya la técnica de la comunicación y la información.

Para la República Federal Alemana habría que mencionar al respecto el proyecto BIGFON del correo federal (abreviatura de *red de comunicaciones locales y a distancia de fibra de vidrio integrada en banda ancha*). La anchura de banda de la fibra de vidrio permite transmitir no sólo programas de radio y televisión, sino también todos los servicios habituales o posibles en comunicación a larga distancia desde el teléfono al teléfono visual. La ventaja económica estriba en que la conducción con enchufe de fibra de vidrio puede sustituir en el futuro a muchas de las conexiones del teléfono, de los aparatos situados en terminales de datos, télex, teletexto y televisión por cable, además de que este conducto por enchufe de fibra de vidrio no costará mucho más que una conexión de teléfono digital. En total, hay seis empresas o conciertos que participan en los ensayos de sistemas que lleva a cabo actualmente el correo federal. En la red de comunicaciones a larga distancia se habrán introducido en 1985 cables de fibra de vidrio (desde 1977 se vienen realizando intentos en este campo). Desde 1985 hasta 1995 está previsto el tendido de 100.000 km de fibra de vidrio por año. Puesto que los terminales de fibra de vidrio van reunidos en mazos, las longitudes de cable se dividen lógicamente por determinado número.

Después de esta excursión al futuro, volvamos a la técnica de los grupos de redes de comunicación. Las redes DATEX funcionan de acuerdo con diversos principios de transmisión. En la llamada transmisión por conductor (fig. 51) se conecta un conducto desde un abonado a otro. Al hacerlo, la red sólo queda descargada imperfectamente, puesto que el conductor queda también cargado, por

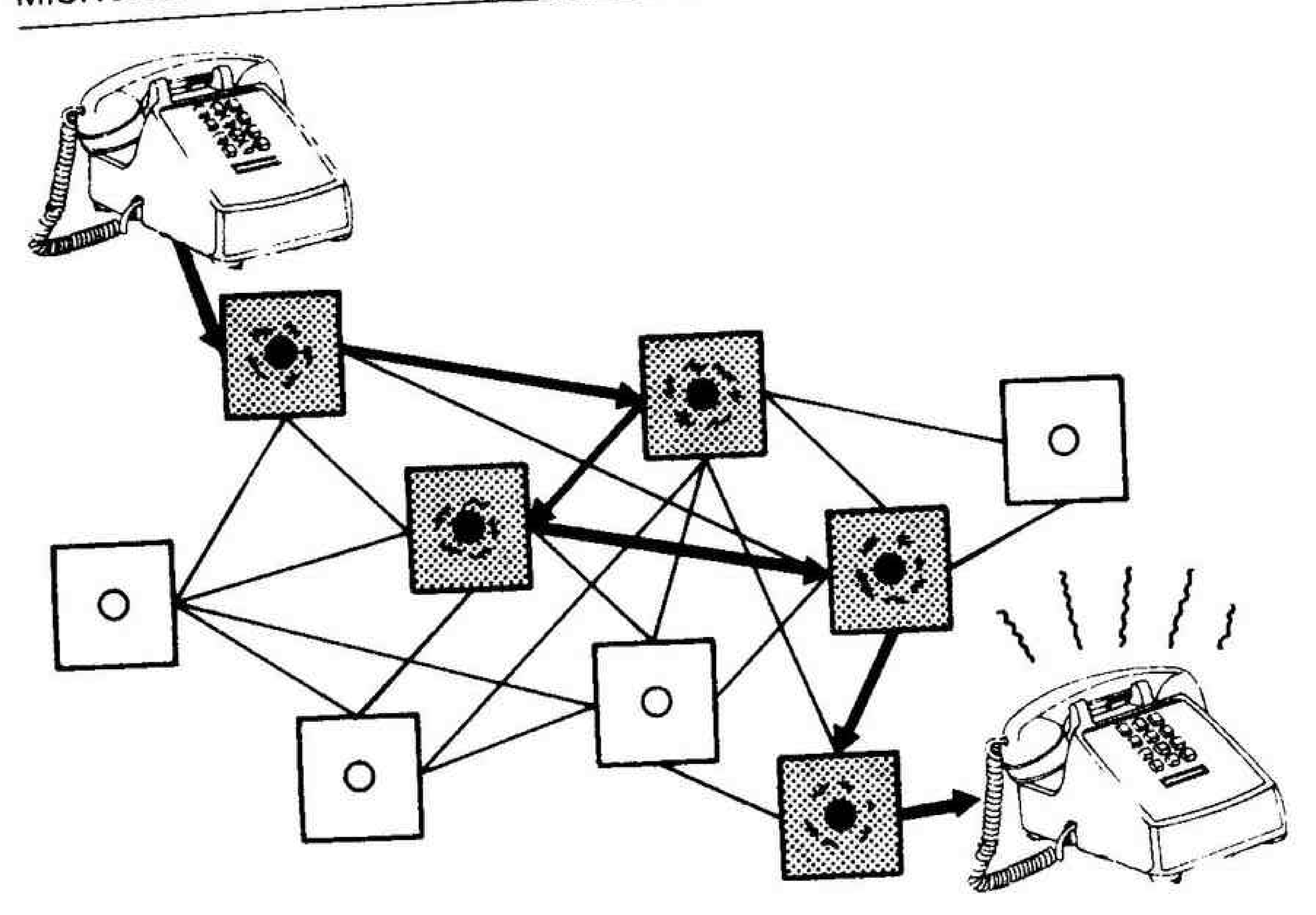


Fig. 51. Transmisión de conductores.

ejemplo, durante las pausas de emisión de sonidos. En la transmisión de memorias, por el contrario, una noticia se envía, junto con la dirección y el destino, hasta el siguiente punto de transmisión de la red, donde es almacenada provisionalmente hasta que un cable queda libre para el siguiente punto de transmisión o para llegar a la meta propiamente dicha. El especialista habla también de transmisión en paquete (fig. 52), es decir, las informaciones se dividen en porciones, se dirigen y se transmiten de acuerdo con procedimientos determinados. La técnica de transmisión en paquetes es muy complicada, pero tiene una importante ventaja económica: los conductos más caros de la red pueden cargarse así óptimamente.

Los promotores de estas redes pueden por lo tanto hacer sus cálculos más baratos prescindiendo del dato de la distancia. La descarga se consigue almacenando en el trayecto los paquetes de datos en nudos de transmisión y transfiriéndolos a los siguientes nudos cuando aparezca un vacío, de modo análogo a lo que ocurre en las caravanas en carretera. Cuando sólo hay algunos huecos, la veloci-

dad de transmisión se reduce en algunas fracciones de segundo. La información se emite con un poco de retraso, pero no queda bloqueada la conexión.

En casi todos los países industrializados hay redes de este tipo en funcionamiento o en montaje. Puesto que muchas veces se diferencian entre sí por sus datos técnicos, las administraciones de correos se esfuerzan por montar "puntos de intersección", es decir, instalaciones para garantizar que las informaciones pueden transmitirse también de un país a otro. Por ejemplo, EURONET es un proyecto de las administraciones de telecomunicación de los Estados miembros de la CEE en orden a hacer posible el intercambio de datos entre los ordenadores de los países miembros. Las memorias informativas se concentran en un consorcio (DIANE) que viene a ser como un supermercado de informaciones.

También las grandes empresas internacionales disponen ya de redes de datos internas en la misma empresa. Quinientos bancos europeos y americanos están abonados a la red electrónica SWIFT

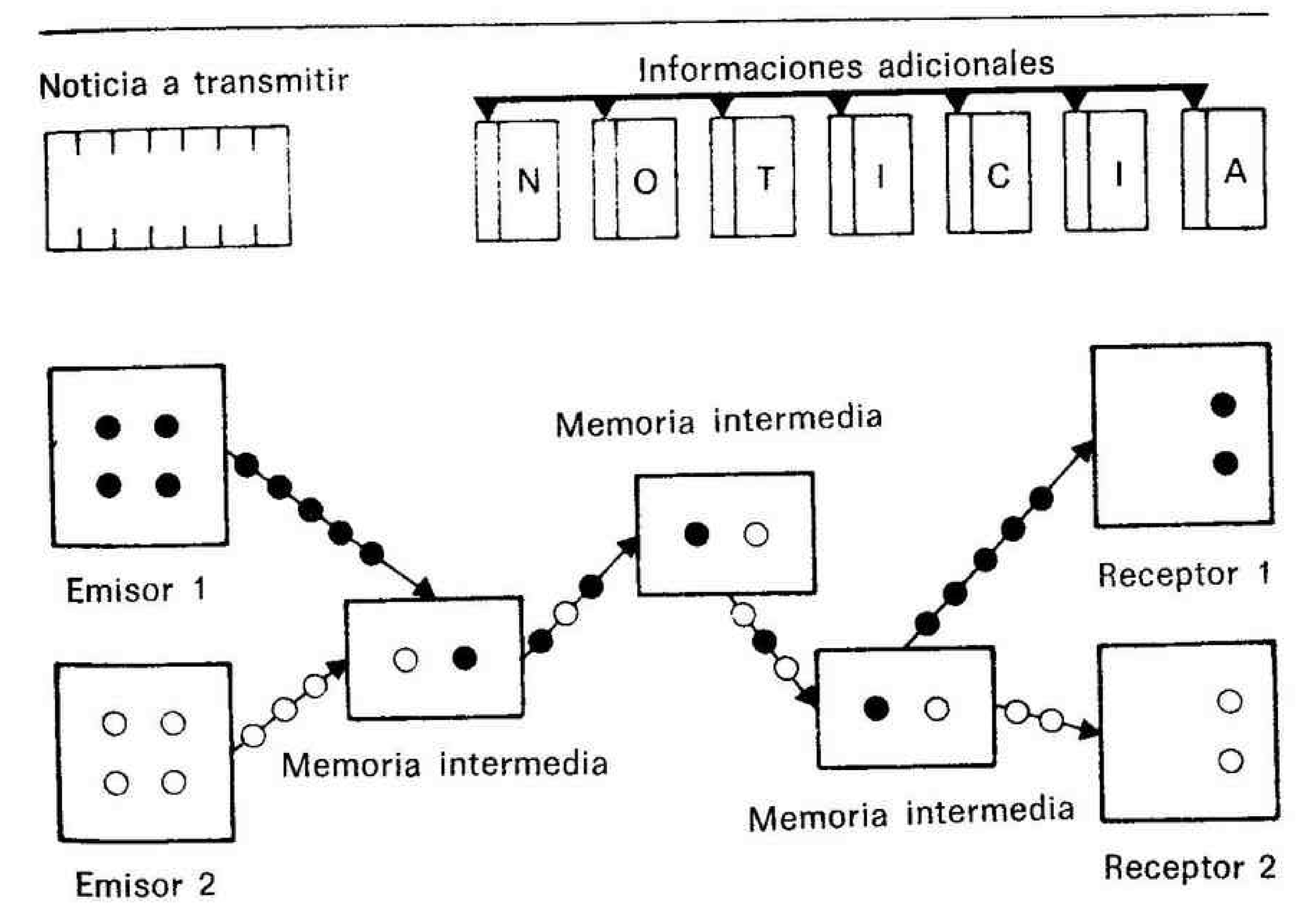


Fig. 52. Transmisión por paquetes.

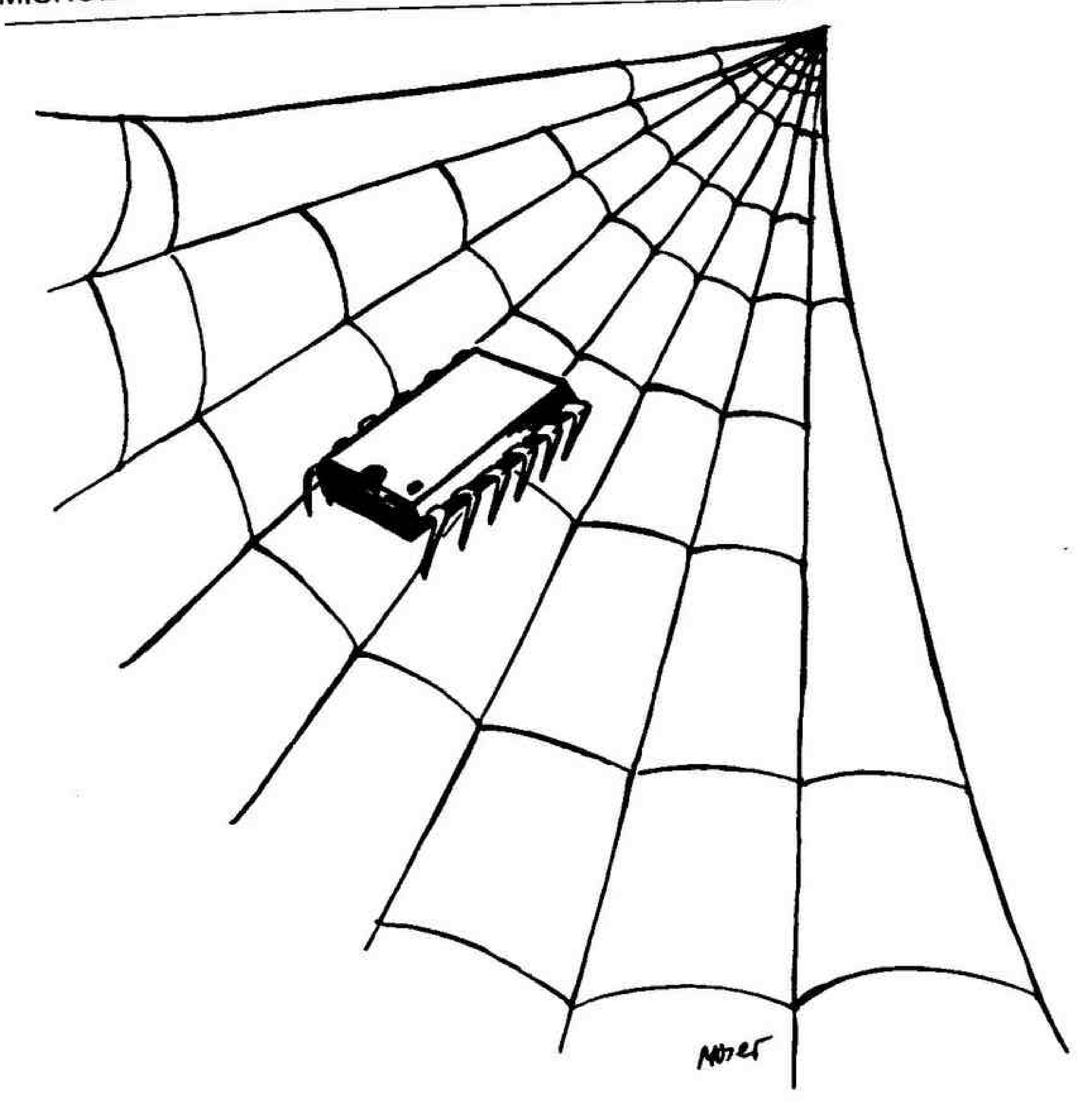


Fig. 53. Una tela de araña extendiéndose por todo el mundo...

por la que diariamente fluyen miles de millones de dólares por giro monetario (véase pág. 168).

22. LA TÉCNICA DEL ORDENADOR Y LA DE LA COMUNICACIÓN CONFLUYEN ENTRE SÍ

En los capítulos precedentes se ha explicado cómo funcionan los ordenadores, cómo se acumula mecánicamente la información y

con qué métodos se pueden transmitir los datos y las informaciones. Todas estas evoluciones han hecho época. La auténtica envergadura de estas innovaciones sólo queda clara al contemplarlas en el panorama general.

La combinación de la moderna técnica de ordenadores con las de transmisión de datos viene a ser una boda de gigantes. Esta evolución abre la perspectiva de que la elaboración electrónica de datos en conexión con nuevas formas de comunicación ha entrado en nuestra vida cotidiana igual que en otro tiempo lo hiciera el teléfono y en algunos países la máquina de escribir. De forma no muy diferente a como lo hiciera el abastecimiento de agua y de gas, los dispositivos de suministro de datos podrían inaugurar un gran número de posibilidades de acceso a los datos informativos que podrían suministrar servicios en los domicilios privados. Tras la racionalización de la producción y del trabajo burocrático, esta evolución podría introducir una nueva ola de racionalización que afectaría sustancialmente a la vida cotidiana.

Un ejemplo para ilustrar la confluencia de las tecnologías: el videotext pertenece a los llamados nuevos medios de comunicación social (pág. 124). Es una síntesis de técnica televisiva y técnica de ordenadores. Mediante un aparato tradicional de estructura simple, se pueden tomar de la pantalla del televisor una serie de datos almacenados en los bancos electrónicos a cientos de kilómetros y que se transmiten digitalmente mediante una red de datos.

Otro ejemplo: los periodistas que emiten noticias de actualidad transmiten cada vez más sus informes no a través del teléfono, sino de un terminal semejante a una máquina de escribir conectable a cualquier cabina telefónica, teclean su informe y lo envían directamente por una red telefónica al ordenador de la imprenta de la redacción del periódico.

También este libro se ha aprovechado de la boda de los gigantes. Se ha preparado una pantalla elaboradora de textos, lo que para el autor resulta comodísimo, pues puede realizar correcciones, adiciones, cortes y anulaciones de textos en pantalla sin problema alguno. También es más sencillo el proceso de impresión propiamente dicho. La imprenta no recibe, como antes, un original que haya de ser escrito luego de nuevo letra a letra por los linotipistas. En lugar de eso, se transmite el contenido almacenado en disquetes y la máquina ordenadora de la imprenta procede directamente a su "lectura". El texto podría codificarse directamente en sistema digital a través de la red telefónica de la imprenta.

Para sacar dinero del banco se utiliza también una combinación de técnica de comunicación y técnica de ordenadores. Es la combinación que marcará su impronta en la sociedad informatizada del mañana. Las numerosas posibilidades de aplicación que de ahí puedan resultar nos ocuparán con más detalle en la siguiente parte de este libro.

2. La microelectrónica y sus aplicaciones

1. BANCOS DE DATOS: UNA RESPUESTA A LA AVALANCHA DE INFORMACIÓN

¿Quién no ha oído hablar hoy en día de los bancos de datos o de las bases de datos? Una cosa es, sin embargo, haber oído hablar de ellos y otra muy distinta saber exactamente en qué consisten, lo cual resulta casi imposible si no se recaba la información adecuada. ¿Estarán relacionados con los bancos del paseo o con las instituciones financieras? Cuando decimos "voy al banco", todo el mundo sabe a dónde nos dirigimos (aunque ya ha caído en el olvido, en los orígenes se designaba como "banco" la mesa de los antiguos cambistas). En cambio, con la frase "voy a efectuar una consulta en un banco de datos" sólo evocaremos en los no iniciados algunas vagas asociaciones. En este capítulo queremos explicar qué son los ficheros y cómo se llega de éstos a los sistemas de bancos de datos. Un fichero (en inglés "file") es una sucesión ordenada de datos que describe objetos similares y que está preparada para su procesamiento con un ordenador. Equivale a un conjunto de fichas con información homogénea, como por ejemplo la relativa al personal de una empresa o al censo de población de un ayuntamiento. Se denomina registro el grupo de datos correspondientes a un objeto (como serían los de un empleado en el fichero de personal). Cada registro está dividido en campos.

El tratamiento de grandes ficheros requiere su organización previa en forma de banco de datos o en lo que se denomina sistema de banco de datos. Un sistema de esta clase se compone de una base de datos (suma de los distintos ficheros) y de determinados programas. Estos últimos permiten introducirse en la citada base y extraer

los datos que se necesiten en función de determinadas claves de acceso. De este modo, dichos sistemas posibilitan el acceso directo y múltiple a una información concreta. En la práctica, que nosotros también seguimos, no es muy neta la distinción entre fichero, banco de datos y sistema de banco de datos.

Los bancos de datos son, por lo tanto, recopilaciones de información dotadas de una estructura: algo así como "bibliotecas electrónicas". Y aquí hemos llegado a un punto decisivo: constituyen un medio de almacenar grandes cantidades de información en un espacio relativamente pequeño. Para buscar el título de un libro, por ejemplo, no hace falta estar un buen rato hojeando un fichero alfabético o de autores, como en una biblioteca, sino que basta con enviar una serie de instrucciones concretas a un ordenador, el cual se encarga de buscar en una cinta magnética (véase la página 23) la información correspondiente.

El afán de ordenar grandes cantidades de información de modo que se puedan buscar después del modo más eficiente posible existe desde la antigüedad. Ya los sumerios lo intentaron hace cuatro milenios con su "ciencia de las listas". Desde entonces, han sido múltiples los intentos de recopilar datos en obras de consulta (enciclopedias, etc.).

Hasta el Renacimiento, los sabios podían afirmar que dominaban todo el saber de su cultura. Pero el vertiginoso desarrollo de la ciencia y la tecnología ha provocado en los últimos decenios una auténtica explosión informativa, de forma que en la actualidad ya no cabe pensar en eruditos universales. La biblioteca del Congreso de Estados Unidos almacena en la actualidad alrededor de mil millones de páginas nuevas al año. Sólo en la República Federal de Alemania aparecen cada año setenta mil nuevos títulos. Los expertos estiman que la totalidad del saber impreso se dobla cada seis años, y en muchas especialidades, como es el caso de la química, dicho intervalo de tiempo es menor aún.

Al comienzo de nuestro siglo había 1.000 revistas de biomedicina. En 1950 eran 4.000. Ahora son más de 20.000. Lo notable del caso es que no existe ningún indicio de que este crecimiento tumultuoso de la cantidad de información vaya a disminuir, lo que tanto para el hombre de la calle como para el científico significa en último término un profundo desconcierto.

Si hace cien años todavía era posible asimilar los hechos y datos decisivos relevantes para la vida pública o privada, hoy nos enfrentamos, más o menos desvalidos, a auténticas montañas de saber

inaccesibles. Ningún médico se encuentra ya en condiciones de hojear todas las publicaciones de la ciencia médica: los grandes bancos de datos de medicina almacenan al año los resúmenes de casi medio millón de publicaciones recién aparecidas. Si asignamos como promedio a cada uno de estos trabajos una extensión de siete páginas, el médico tendría que leer unas diez mil páginas al día para estar al corriente de las investigaciones realizadas. Supongamos que sea capaz de asimilar veinte páginas por hora y que dedique al estudio cinco horas diarias. En tal caso, no habrá revisado más que el 1 % de dicha cantidad de datos.

Se puede objetar aquí que quizá una gran parte de dichos conocimientos no son relevantes para el médico. Precisamente en el campo de las ciencias médicas los expertos denuncian cada vez con más virulencia el bajo nivel de gran número de publicaciones (algunos llevan la ironía hasta el punto de afirmar que el renombre de un científico sólo se mide ya por kilos: por los kilos de papel que publica). Por mucho que esta objeción pueda estar justificada, quedaría por contestar otra pregunta: ¿quién sabe o quién determina los conocimientos que son importantes? Hay distintos planteamientos, ninguno de ellos satisfactorio, que pretenden responder a esta pregunta: unos parten del hecho de que los hallazgos y trabajos de vanguardia aparecen en las revistas prestigiosas y de mayor tradición (en las que el autor ha de pagar, incluso, para ver impresos sus trabajos). Pero suele ocurrir que en tales órganos se publican solamente aquellos resultados acordes con la situación actual de la ciencia académica. Las diferentes opiniones y teorías no acordes con las ideas establecidas, que mañana o pasado mañana podrían ser celebradas como descubrimientos geniales, no encuentran, desgraciadamente, audiencia.

Otros pretenden separar la paja del trigo leyendo los análisis de la literatura que sirve de cita en otras publicaciones. Un instituto científico de Estados Unidos suele recoger los autores y publicaciones que se mencionan en las citas de los artículos de revistas más recientes. Esta recopilación se lleva a cabo siguiendo el criterio de que la importancia de un trabajo dado está en relación directa con el número de investigadores que hacen referencia al mismo. Todos los años se dan a conocer los nombres de los "ganadores de esta carrera", entre los cuales no es raro encontrar futuros premios Nobel. Pero también se da el caso de investigadores que se citan a sí mismos lo más posible en cada nuevo trabajo que publican, o que piden este "favor" a un colega. Incluso un trabajo mediocre o de re-

```
? s cancer
              1 19063 CANCER
? s interferon
              2  2540 INTERFERON
? c 1 and 2
              3     94   1 AND 2
```

```
  The lancet . saturday 15 january 1983.
  Trown PW; Kramer MJ; Dennin RA Jr; Connell EV;  Palleroni AV;  Quesada J;
Gutterman JU
  Department of Immunotherapy, Hoffmann-La Roche Inc., Nutley, New Jersey.
  Lancet (ENGLAND)    ,Jan 15 1983,    1 (8316)   p81-4,    ISSN  0023-7507
Journal Code: LOS
  Languages: ENGLISH
  During  the  course  of  clinical  investigation of partly purified human
leucocyte interferon (IFN)  prepared  at  the  Finnish  Red  Cross  (PIF),
neutralising  IgG  antibodies  to  human leucocyte IFN were detected in the
sera of 3 patients with cancer. In 2 of these patients, the antibodies were
detected in  serum  before  treatment  with  PIF.  In  the  third  patient
antibodies  developed  during  the  course  of  treatment.  Antibody titres
against six recombinant human leucocyte IFN sub-types and  one  recombinant
hybrid human leucocyte IFN were different in the 3 patients.

  Clinical  and  immunological  study  of  beta interferon by intramuscular
route in patients with metastatic breast cancer.
  Quesada JR; Gutterman JU; Hersh EM
  Department of Clinical Immunology and Biological Therapy,  The University
of Texas.
  J Interferon Res (UNITED STATES)   ,1982,   2 (4) p593-9,  ISSN 0197-8357
   Journal Code: IJI
  Contract/Grant No.: CA 05831

  The  present  status  of  clinical  studies with interferons in cancer in
Britain.
  Priestman TJ
  Department of Clinical Oncology, Dudley Road Hospital, Birmingham, U.K.
  Philos Trans R Soc Lond ÄBiolÜ (ENGLAND)    ,Sep 24 1982,     299  (1094)
p119-24,  ISSN 0080-4622   Journal Code: P5Z
```

Fig. 54. Consulta sobre el cáncer en un banco de datos.

sultados inexactos puede ser citado a menudo con objeto de corregir sus errores, y por lo mismo dista mucho de ser importante.

Si es evidente que un solo individuo no tiene ya capacidad para abarcar una especialidad como la química o la medicina, cabe preguntarse si después de todo merece la pena crear bancos de datos. Para contestar esta cuestión, debe tenerse en cuenta que una característica esencial de los bancos de datos consiste en la posibilidad de

realizar una consulta determinada como, por ejemplo, buscar casi todas las publicaciones que se refieren a un tema concreto y bien definido, y todo ello en unos segundos.

Supongamos que un médico quiere informarse sobre el tratamiento del cáncer con interferón. Si no tiene acceso por sí mismo a un banco de datos, se dirigirá a la biblioteca de universidad más próxima, al centro de información especializado en medicina o a una central de conmutación de información científica y trasladará su pregunta a un "consultor" (los consultores, también llamados asesores de información, son en su mayoría bibliotecarios especializados en la manipulación de recopilaciones electrónicas de datos). El consultor se sentará ante un terminal dotado de pantalla, el cual está unido a través de un dispositivo auxiliar a un aparato telefónico. Marcará un número determinado y accederá así, por medio de la red conmutada, a uno de los grandes bancos de datos médicos (véase la figura 54). Es frecuente que el oferente o proveedor del banco de datos se halle a miles de kilómetros de distancia. Una vez establecido el enlace, el consultor tiene que darse a conocer por medio de una contraseña, del mismo modo que se ha de teclear un número de identificación en el "telebanco" para poder sacar dinero de la cuenta propia. Cuando se ha establecido ya el enlace con el banco de datos deseado, el consultor cursa, por ejemplo, las instrucciones siguientes:

s *cancer*
s *interferon*

"S" quiere decir "busca" (en inglés, "search"), debido a que el idioma que se utiliza en la mayoría de los bancos de datos es el inglés. Por la misma razón, "cancer" no lleva acento. ¿Qué ocurre ahora? El banco de datos efectuará una exploración electrónica en unos segundos y en la pantalla aparecerá la respuesta:

1 19063 cancer

Es decir, el ordenador no ha hecho otra cosa que contar el número de veces que ha encontrado en total la palabra "cancer", con independencia del contexto en que se use. La cifra 1 delante de 19063 corresponde a la numeración correlativa de las respuestas del ordenador a la consulta.

De modo análogo se pregunta por la palabra clave "interferon". También aquí, el consultor obtiene como dato el número de veces que se repite "interferon".

2 2540 interferon

Ahora el consultor cursa la instrucción:

c 1 and 2

que solicita la combinación de ambos argumentos de búsqueda. Según el principio del álgebra de Bool (véase pág. 5 y s.), el ordenador suministra ahora el número de publicaciones en que se mencionan juntos los términos cáncer e interferón.

Como es natural, el ordenador no juzga si los trabajos que ha localizado se centran en realidad en el tema "tratamiento del cáncer con interferón". En este caso concreto, se puede contar con que la mayoría de los trabajos se ocuparán de él. Pero en la formulación de otras preguntas la "tasa de aciertos" puede ser más bien baja. En la figura 54 pueden verse algunos resultados que se obtuvieron de una de dichas consultas.

El consultor llama a pantalla los trabajos seleccionados, o bien introduce la instrucción correspondiente para que el oferente del banco de datos obtenga los mismos impresos en el papel de una impresora rápida desde el lugar en que se encuentra (esto suele ser lo más barato, pues la transmisión a pantalla origina costes telefónicos y tarifas más altas por el acceso al banco de datos).

Si el médico quisiera resolver esta misma tarea con ayuda de una biblioteca tradicional, la búsqueda podría llevarle todo un día y aun entonces sería dudoso que pudiera conseguir un resultado completo. La denominada consulta a bancos de datos es, pues, un instrumento valioso para extraer información concreta de grandes recopilaciones de datos. Pero dicha consulta sólo tiene sentido cuando la formulación de las preguntas es muy precisa. Las preguntas de tipo general, como "Nuevos hallazgos en el tema del cáncer", darían lugar a decenas de millares de referencias bibliográficas, cantidad difícil de procesar.

En la actualidad existen ya miles de estas bibliotecas electrónicas, que se pueden consultar a través de redes internacionales desde casi cualquier lugar del mundo. Y casi a diario se añaden a la red nuevos bancos de datos, de modo que también el crecimiento de és-

tos es vertiginoso. Por ello, se requiere personal cualificado que conozca la sucesión de preguntas hacia cada banco de datos, pues en las consultas rige el principio de "tiempo es dinero": las más sencillas cuestan entre 17 y 100 dólares cada una. A ello se añade el problema de que en general resulta difícil formular una pregunta con exactitud. El ordenador no piensa, únicamente cuenta. Además, existen grandes centros mundiales de información que ofrecen varios bancos de datos en cada caso. Estos "ordenadores centrales" sólo entienden un lenguaje de consulta. Cuando hay que ponerse en contacto con varios ordenadores centrales, el consultor no sólo debe dominar varios de dichos lenguajes, sino también otros detalles sobre la constitución de los bancos de datos.

En otras palabras, la obtención de información útil se ha convertido ya en una ciencia.

En los últimos años han cobrado un especial interés los bancos de datos jurídicos. Cada año se pronuncian 3 millones de fallos judiciales en la República Federal de Alemania y se promulgan además, entre la Federación y los "länder", unas 300 leyes, 900 decretos y 5.000 reglamentos. Para tener acceso a una información tan ingente, el Ministerio Federal de Justicia comenzó a estructurar en 1973 un sistema de información jurídica (JURIS). En la actualidad están conectados al JURIS unos 60 usuarios, casi todos juzgados. Al principio el mismo se limitaba al derecho social y fiscal, y después fue ampliándose con otros ficheros. En 1982 concluyó el proceso de estructuración del JURIS.

Nos hemos ocupado hasta ahora de los denominados bancos de datos bibliográficos, es decir, de aquellos que almacenan referencias de artículos aparecidos en revistas y libros. Junto a ellos existen también bancos de datos relativos a hechos reales ocurridos en un determinado espacio de tiempo, como por ejemplo estadísticas de producción, precio del fuel-oil o número total de enfermos. En el área de la información económica en especial, dichas recopilaciones cobran un significado creciente. Cada vez hay un mayor número de entidades bancarias que se integran en ellos para conocer detalles sobre la marcha de la bolsa, el cambio, etc., información que se extrae de los bancos de datos.

La agencia informativa mayor del mundo, Dun & Bradstreet, almacena información sobre un conjunto de 60 millones de empresas y en 1982 vendió servicios por valor de 1.200 millones de dólares.

También en la Administración se ha introducido la mecanización de datos por medio de ordenador: la oficina de recaudación almace-

na aclaraciones impositivas, la policía hace lo propio con las multas, Correos, con las direcciones, etc. De esta forma, todos los datos de interés relativos a ciudadanos, empresas y organizaciones quedan registrados en un soporte adecuado.

En este punto surge la pregunta obligada de si semejante almacenamiento masivo de datos no abre las puertas a una utilización abusiva de esta información. De esta cuestión nos ocuparemos con detalle en la página 246 y siguientes. En este apartado nos limitaremos a explicar qué son los bancos de datos y cuáles son sus posibilidades y las múltiples variedades de sistemas disponibles.

El almacenamiento de información es una función fundamental de los sistemas biológicos y, desde este punto de vista, tiene en realidad miles de millones de años de antigüedad. También los genes de los primeros seres vivos fueron un medio para memorizar información: cada célula "lee" la información genética y la utiliza para dirigir su actividad bioquímica. Todo proceso de aprendizaje requiere asimismo almacenar información. El cerebro humano puede albergar alrededor de 10^{12} a 10^{15} caracteres, como valor medio, ya que las estimaciones de los especialistas son dispares. Esta capacidad corresponde a una densidad de memoria de mil millones de caracteres por centímetro cúbico. En comparación, las memorias magnéticas actuales alcanzan una densidad efectiva de unos 50.000 caracteres por centímetro cúbico y distan mucho de poder siquiera compararse a la potencia del cerebro humano. Las memorias ópticas más modernas (véase pág. 28) comienzan a acercarse al límite inferior de densidad de memoria de nuestro cerebro.

Esta comparación es acertada sólo hasta cierto punto, pues el cerebro humano, en cuanto a memoria de información, responde a mecanismos muy distintos de los de un banco de datos. Gracias a su capacidad de formar asociaciones y de reclamar la información conforme a su sentido y no en función de su secuencia literal, el cerebro es superior al ordenador... todavía. Pero el hombre olvida, mientras que el banco de datos no.

Tratemos de representar la densidad de memoria antes indicada en un ejemplo concreto. Imaginemos una gran biblioteca que tenga un millón de volúmenes. Si cada volumen tiene unas 300 páginas, resultan trescientos millones de páginas en total. A dos mil caracteres por página, obtenemos unos seiscientos mil millones de caracteres. Esa cantidad de información puede almacenarse actualmente en unos quinientos discos de vídeo de larga duración (véase página 28). Una enorme biblioteca puede guardarse, por tanto, gracias a

la moderna tecnología, en un armario archivador. Si tales discos de vídeo se fabricasen a gran escala, la biblioteca hubiera costado únicamente algunas decenas de miles de dólares. Es de suponer que la miniaturización aumente aún de modo considerable en el futuro y que en consecuencia decrezcan los costes correspondientes.

Se observa, por tanto, un desarrollo contradictorio: por una parte la información producida por el hombre crece vertiginosamente, y por otra, la capacidad de procesarla se incrementa asimismo a un ritmo acelerado con ayuda de las máquinas. Si bien es de suponer que en algún momento se tornen visibles los límites de este crecimiento, comienza ya a cuestionarse si la capacidad de procesamiento electrónico de datos puede ser el criterio básico a considerar cuando los hombres que utilizan tales sistemas no están ya en condiciones de controlar toda esa cantidad de información.

Nos hemos ocupado hasta ahora de los bancos de datos ideados por los especialistas científicos, de la economía o de la administración. Pero los desarrollos técnicos que se conocen ahora como "Nuevos medios" o "telemática" (véase la pág. 124) hacen posible que también el hombre de la calle se sirva de los bancos de datos. Es evidente que estos centros de información deberán constituirse partiendo de cero, pues no se le puede exigir al ciudadano medio que aprenda un lenguaje complejo de consulta ni que formule sus preguntas en inglés, como tampoco que posea conocimientos especiales que le capaciten para plantear de forma precisa una determinada pregunta. Un banco de datos especializado jamás contestará determinadas preguntas que puedan interesar al hombre de la calle y cuya respuesta resulta evidente para un científico. Si un ama de casa, por ejemplo, quisiera saber qué cantidad de energía encierra un azucarillo, perdería su tiempo formulando esta pregunta a un banco de datos médicos. En el caso de introducir los términos clave "azúcar" y "energía", se encontrarán de seguro numerosas publicaciones, pero la respuesta deseada sólo aparecería por pura casualidad, pues el hombre de ciencia da por sabido que un azucarillo produce alrededor de 65 kilojulios.

Tampoco responderá un banco de datos bibliográfico a la pregunta de qué médico de Hamburgo trata con más eficacia la esclerosis múltiple o si los alimentos de cultivo biológico son más sanos que los convencionales. En el mejor de los casos, se encontrarán docenas de trabajos sobre aspectos detallados y concretos de esta última pregunta, que acaso traten de si los alimentos biológicos son más ricos en vitaminas que los cultivados con abonos químicos.

Las necesidades de información del ciudadano no quedan satisfechas con bancos de datos semejantes, por lo que se hace imprescindible preparar las memorias de información, e incluso construirlas partiendo de cero, para que estén al nivel del usuario y satisfagan los deseos de la población. Es lo que se persigue lograr en estos últimos años en distintos "länder" por medios experimentales como, por ejemplo, el videotex. Del mismo modo que una empresa, deseosa de probar un nuevo producto en el mercado, lo ofrece primero a un círculo limitado de compradores para estudiar su acogida, en los pasados años comenzaron a efectuarse numerosas pruebas con un nuevo medio de comunicación, el videotex. Una serie de proveedores de información pusieron ésta a disposición del usuario, bajo protocolo de llamada: noticias actuales, información sobre viajes y tráfico, programas de teatros y conciertos, ofertas de empleo, información telefónica, horario de farmacias, catálogos de ventas por correo, etc. Una gran parte de esta información está ya disponible en folletos y libros o puede obtenerse a través de servicios de información. La moderna técnica de las comunicaciones hace posible ahora el acceso, a través de un solo medio técnico como es el videotex, a toda esa información.

Se puede predecir sin dificultad que con la introducción comercial de los nuevos medios de comunicación asistiremos a una verdadera explosión de memorias de ordenador en los hogares.

Hasta ahora, cuando el Sr. Müller quería comprar un coche tenía que coger los periódicos y recorrerse columna por columna los anuncios referentes a la oferta de su interés. Pero si los coches usados que se hallan en venta aparecen registrados en un banco de datos, el Sr. Müller puede ahorrarse buena parte de la búsqueda: si desea comprar un Mercedes 280 SE de color azul y fabricado en 1978 ó en 1980, cualquier banco de datos de anuncios le ofrecerá únicamente los ejemplares que cumplan sus exigencias.

Estos ejemplos demuestran con claridad que los bancos de datos pueden representar un papel importante en todos los aspectos de la vida humana. En el próximo capítulo se verá en qué sentido se desarrollan los nuevos medios de comunicación en la actualidad.

2. NUEVOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

«...propuesta para un cambio de funcionamiento de la radio: la radio tiene que transformarse de aparato de distribución en aparato

de comunicación. La radio sería el aparato de comunicación más grandioso en la vida pública que imaginarse pudiera... si además de emitir, supiera recibir, es decir, no sólo permitir que el oyente escuche, sino también darle la oportunidad de que hable, y no dejarlo aislado, sino ponerlo en relación con otras personas.»
(Bertold Brecht, 1932).

Videotex, teletex, telefax, televisión por cable, comunicación bidireccional... ¿son éstos los nuevos medios de comunicación? Vamos a intentar poner un cierto orden en toda esta confusión conceptual. ¿Qué son en verdad los nuevos medios de comunicación? ¿Se trata quizá de una moda pasajera, como la "nueva cocina", que hoy está en boga y pasado mañana ya ha perdido vigencia?

Los nuevos medios de comunicación son en cierto modo herramientas para el entendimiento entre los hombres. En toda forma de comunicación, los transmisores y receptores de información son en último término las personas, aun en el caso de que un hombre juegue al ajedrez con un ordenador "ajedrecista", pues éste ha sido programado antes por otro hombre. En este sentido, los nuevos medios apenas aportan nada fundamental, y, como es lógico, "nuevo" es un término relativo que hay que tomar en su justo valor. Son "nuevos" los medios técnicos de comunicación, las formas de aplicación y quizá también las reacciones de los hombres ante las distintas posibilidades de entrar en relación entre sí.

En el aspecto técnico, todos los medios de comunicación pueden describirse conforme a tres criterios: según la clase de información transferida, la tecnología empleada en la transmisión y la forma de organización que adopten. Nos ocuparemos ante todo del primer factor, la clase de información, la cual puede ser, por ejemplo, tanto la voz como la imagen, el texto, los datos legibles por un ordenador o los valores de medida de una producción industrial. Aquí se observa ya una característica fundamental de los nuevos medios: al contrario de lo que sucede en la comunicación habitual entre personas por medio de la voz o la escritura, la nueva comunicación descansa sobre todo en datos legibles por ordenador. Cuando menos, pues, los microprocesadores participan de una forma u otra en la comunicación entre los distintos interlocutores.

Ya hemos explicado con detalle la tecnología de la transmisión, la cual se extiende desde el teléfono hasta la emisión vía satélite.

En cuanto a la forma de organización, se puede distinguir entre la comunicación individual establecida entre dos interlocutores y la

comunicación de masas al estilo de la radio (en la que varios grupos entran en relación entre sí). Esta última es característica de los "nuevos medios". El videotex y la televisión por cable permiten, como veremos, el intercambio mutuo e interactivo de mensajes entre grupos, de tamaño casi ilimitado y compuestos por hombres anónimos. El término "anónimo" aclara una nueva propiedad de estos medios: si bien hacen posible conmutar una información preparada a la medida del individuo, descansan en gran medida en los contactos entre el hombre y la máquina.

Quizá no haya quedado del todo claro en qué consisten realmente los "nuevos medios de comunicación". En consecuencia, intentaremos caracterizar con mayor amplitud a sus distintos representantes.

Videotex

El videotex, designado también en el ámbito de habla inglesa como videotex interactivo, es un servicio informativo de nuevo cuño, que relaciona entre sí dos medios tradicionales. Esquemáticamente, puede afirmarse:

Teléfono + televisor = videotex

El videotex proporciona al usuario, a través del teléfono, acceso directo a la información contenida en memorias centralizadas o descentralizadas que pueden hacerse visibles en la pantalla del televisor. Mientras que la programación normal de televisión sólo ofrece noticias a unas horas prefijadas, el videotex permite la consulta "interactiva" de las últimas noticias sobre un tema determinado a cualquier hora del día o de la noche. Interactivo significa que el usuario puede decidir qué información desea, así como el momento de obtenerla.

Hasta ahora, en la República Federal de Alemania el videotex no ha sobrepasado la fase de pruebas regionales de explotación (que analizaremos de cerca más adelante). La introducción en todo el territorio federal se planificó en principio para el 2 de septiembre de 1983, pero hubo de retrasarse un semestre como mínimo porque la empresa IBM, que había obtenido el contrato de suministro de los ordenadores de videotex, no pudo cumplir el programa. Pero tanto la organización como el funcionamiento del videotex en la Repúbli-

ca Federal de Alemania están ya definidos en sus rasgos fundamentales.

¿Cómo puede cualquier persona hacer uso del videotex? En primer lugar, se necesita un receptor de televisión con decodificador y un teléfono. También hace falta un "módem", o sea un aparato que enlace el televisor y el teléfono. Además, se precisa un teclado similar al de una máquina de escribir, que se une con el receptor de televisión por medio de un cable. Como el videotex establece el contacto con una central de ordenadores, es menester que cada usuario disponga de una "contraseña" mediante la cual el ordenador le permite el acceso a sus servicios (y contra la cual puede generar las facturas correspondientes).

Supongamos que se cumplen dichas condiciones. En el aparato telefónico se marca el número de la central de videotex, la cual solicita en la pantalla del televisor el número de abonado ("contraseña"). A continuación aparecerá un índice, donde se relacionan los distintos grupos de información a los que se tiene acceso. Supongamos, por ejemplo, que alguien quiera localizar un restaurante dentro de un área determinada. Para encontrarlo tendrá que recorrer lo que se llama un "árbol de búsqueda": el sistema responde a cada una de sus preguntas con distintas variantes, entre las cuales él puede elegir una (fig. 56). El videotex está estructurado de manera que no se necesitan conocimientos previos especiales para poder manejarlo.

El banco de datos de videotex, organizado de forma jerárquica, ofrece al abonado un total de cuatro modalidades de acceso. El usuario puede consultar el índice de materias, el de proveedores de información o el de términos, o bien seleccionar directamente el número de la página de texto que le interesa, siempre que conozca dicho número. El índice alfabético de títulos de la Administración de Correos Federal abarca casi 3.000 conceptos. Una investigación sobre la frecuencia de consulta de las páginas de videotex en el marco de las pruebas de explotación demostró que el concepto "Entretenimiento y tiempo libre" ocupa el primer lugar, y que el término "espectáculos" es el que más se demanda.

Otra posibilidad de utilizar el videotex consiste en la transmisión de un mensaje a alguien conocido. El único requisito, lógicamente, es que este último también disponga del equipo necesario. Un coleccionista de sellos que quiera estar en contacto con otros aficionados a la filatelia puede establecer un "grupo cerrado de usuarios" con capacidad de intercambio interno de información y al que no tiene acceso nadie más. En un futuro próximo será posible además

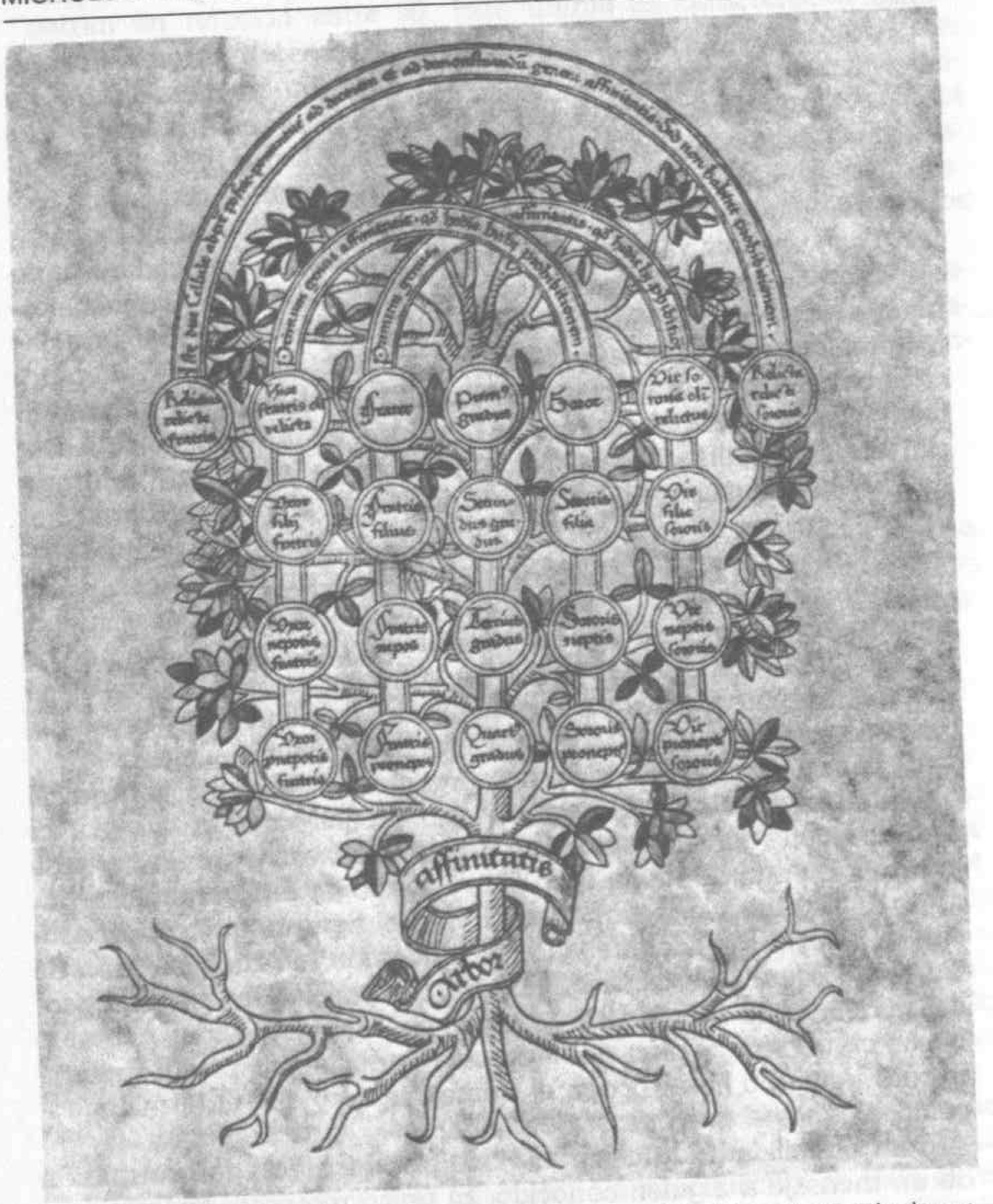


Fig. 55. "Árbol de búsqueda" medieval (acaso del siglo xv) de relaciones de afinidad...

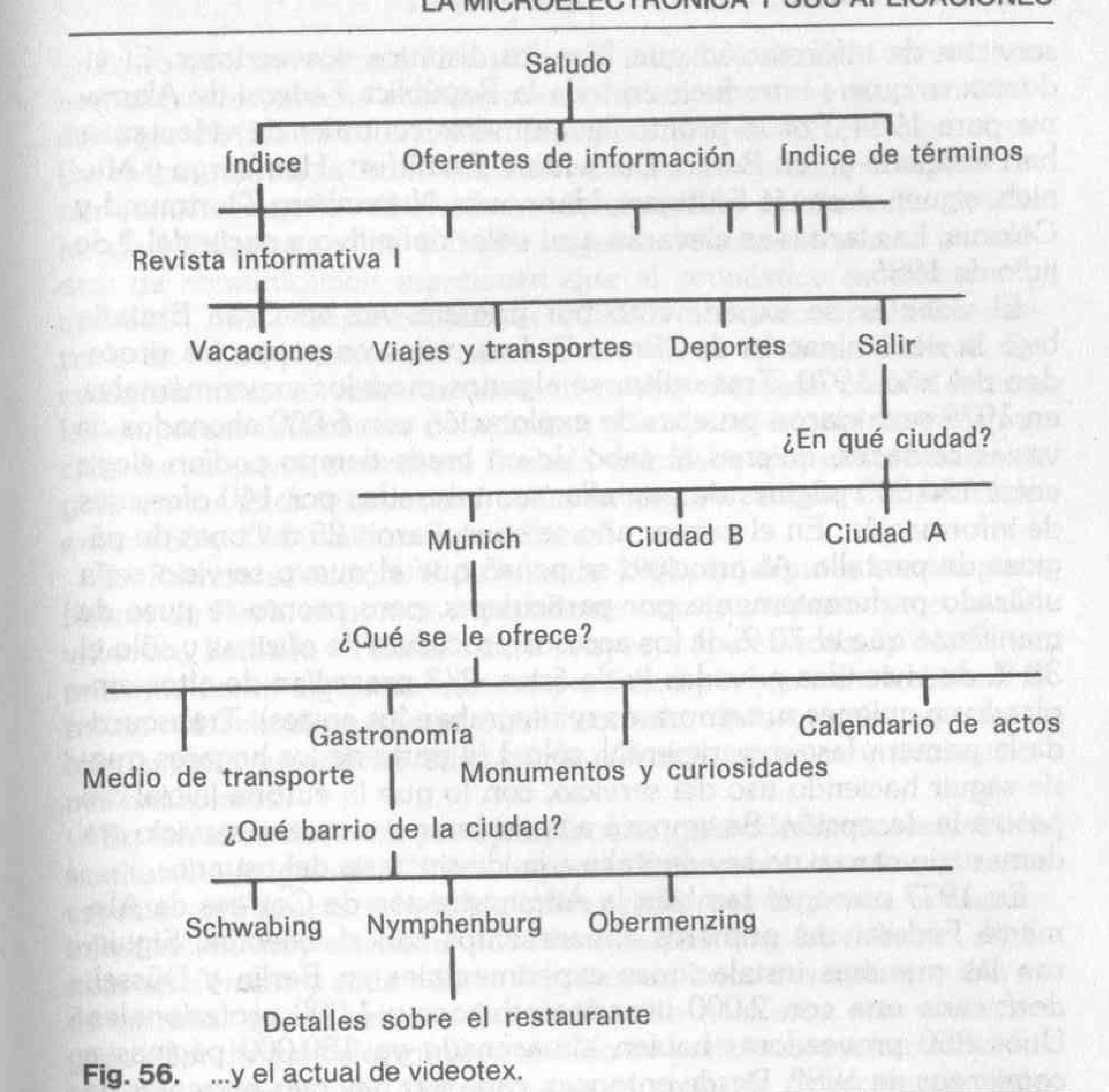


Fig. 56. ...y el actual de videotex.

hojear un catálogo de ventas por correo, elegir de entre los artículos que se ofrecen uno dado, hacer el pedido y transferir su importe por medios electrónicos tecleando el número de identificación de la cuenta bancaria propia.

¿Cuánto cuesta el videotex? El aparato auxiliar que se conecta al televisor se puede conseguir por 165 a 265 dólares; por el módem suministrado por Correos (en España, por Telefónica) y la cuota de abono hay que pagar 2,7 dólares mensuales. En concepto de utilización, hay que sumar la cuota normal de un abonado telefónico, el tiempo de ocupación de la línea telefónica y las tarifas de los

servicios de información que fijen los distintos proveedores. El videotex se quiere introducir en toda la República Federal de Alemania para 1984. Por lo pronto, las primeras centrales de videotex se han instalado ya en Berlín, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburgo y Munich; siguen después Stuttgart, Hannover, Nuremberg, Dortmund y Colonia. Las tarifas se elevarán a su valor definitivo a partir del 1 de julio de 1986.

El videotex se experimentó por primera vez en Gran Bretaña bajo la denominación de "Prestel". Los primeros proyectos proceden del año 1970. Tras utilizarse algunos modelos experimentales, en 1979 se iniciaron pruebas de explotación con 6.000 abonados de varias ciudades, quienes al cabo de un breve tiempo podían elegir entre 150.000 páginas de pantalla, suministradas por 140 oferentes de información. En el primer año se consultaron 25 millones de páginas de pantalla. Al principio se pensó que el nuevo servicio sería utilizado preferentemente por particulares, pero pronto se puso de manifiesto que el 70 % de los accesos procedían de oficinas y sólo el 30 % de viviendas privadas (y de éstas, 2/3 procedían de altos empleados a quienes sus empresas reintegraban los costes). Transcurrida la primera fase experimental, sólo 1/4 parte de los hogares quería seguir haciendo uso del servicio, con lo que la euforia inicial dio paso a la decepción. Se empezó a considerar si el nuevo servicio era demasiado caro o no se adaptaba a la idiosincrasia del usuario.

En 1977 comenzó también la Administración de Correos de Alemania Federal sus primeros experimentos con el videotex. Siguieron las primeras instalaciones experimentales en Berlín y Düsseldorf, cada una con 2.000 usuarios privados y 1.000 profesionales. Unos 850 proveedores habían almacenado ya 180.000 páginas a comienzos de 1982. Desde entonces, cada vez hay más oferentes de información que ofrecen sus servicios a través de ese nuevo medio. Es verdad que estos ensayos experimentales no permiten juzgar aún con claridad cómo será acogido el videotex a medio plazo, dado que al principio la utilización era gratis. Hay que considerar además que una página de videotex tiene una capacidad de información aproximadamente igual a 1/3 de página escrita a máquina. En tanto no se introduzca algún sistema de mayor resolución, el videotex quedará relegado a la transmisión de una información bastante sintética. De todos modos, la explotación experimental de Düsseldorf registró al cabo de un año 360.000 llamadas. Los proveedores de información se repartían entre comercio y servicios (50 %), partidos políticos, asociaciones, cámaras (22 %), industria (13 %) y otros.

En lo que se refiere a la rapidez de introducción del videotex, se han obtenido valiosas enseñanzas de las experiencias que han tenido lugar en Gran Bretaña y no se espera una evolución fulgurante. De todos modos, la Administración de Correos alemana espera tener conectados a la red alrededor de un millón de abonados a finales de 1986, entre ellos 400.000 hogares. Muchos expertos en medios de comunicación mantienen que el pronóstico es excesivo y que sería más realista considerar 600.000 abonados tres años después de la ampliación del servicio a todo el territorio federal. En cualquier caso, el videotex abre un nuevo mercado para Correos, las empresas fabricantes de aparatos y los proveedores de información. La empresa consultora Diebold calculaba que el videotex exigiría en los años iniciales un volumen de inversiones comprendido entre 650 y 1.000 millones de dólares.

En Francia se inició el 9 de julio de 1981, en algunos barrios periféricos de París, el primer experimento con la variante francesa del videotex, llamada "Teletel". Este proyecto fue concebido desde un principio como algo más que un periódico por pantalla habitual. A través del Teletel no sólo se puede consultar información, sino también acceder a servicios tales como cálculos, reservas y transacciones financieras.

En los años noventa, por ejemplo, una guía telefónica electrónica sustituirá a la guía telefónica impresa. Esto cobra una importancia especial en Francia, donde las guías telefónicas impresas contienen información muy atrasada, pues en este país hay 14 millones de líneas telefónicas y cada año se amplían en unos dos millones. No es de extrañar que el servicio de información telefónica esté sobrecargado. Con la guía electrónica, no sólo se podrán consultar en el futuro los números de teléfono, sino también la dirección de cada abonado. Será suficiente incluso indicar una dirección para obtener el número de teléfono correspondiente. Si se piensa, por otra parte, que al año se imprimen veinte millones de guías telefónicas, es evidente que la guía electrónica no sólo representará un gran servicio, sino también una fuente de ahorros considerables en costes de personal y de material (150.000 toneladas de papel al año).

Los franceses confían también en ampliar el campo de aplicación mediante la introducción de una tarjeta bancaria equipada con un chip que hace las veces de microordenador y es tan pequeño que puede integrarse en una tarjeta de plástico. El microordenador recoge la energía necesaria de unas células solares. Con ayuda de una estación lectora, el usuario puede conocer en cualquier momento la

situación de su cuenta bancaria, cuyo saldo se almacena en el chip, o bien realizar operaciones bancarias desde el televisor de su casa valiéndose de su tarjeta.

De una calidad especial es el sistema canadiense "Telidon", que ofrece una resolución mucho mayor que las versiones más empleadas en Europa. Pero los aparatos auxiliares necesarios tienen un precio muy superior a los de videotex, por ejemplo. Otra singularidad es que casi la mitad de los aparatos terminales de Canadá no son televisores, sino microordenadores. Éstos han invadido ya el sector doméstico en Norteamérica, a una escala mucho más alta que en Europa.

Allí, numerosos ciudadanos llevan a término todas sus operaciones de pago sin usar dinero efectivo y también llevan su contabilidad por medio de ordenador.

Videotexto

El videotex se confunde a menudo con el videotexto o teletexto, pero la estructura y el funcionamiento de ambos medios es muy diferente. El videotexto es un procedimiento electrónico para la transmisión de información en el que las letras, números o representaciones gráficas se transmiten en los "huecos de exploración" de la señal de televisión. Recordemos lo que se dijo en la página 100 sobre la función del tubo de rayos catódicos de la pantalla: el pincel electrónico, que compone la imagen de pantalla con miles de puntos individuales, viaja línea a línea, desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha. El camino de vuelta desde la parte inferior derecha hasta la parte superior izquierda es el hueco de exploración. En ese tiempo, el haz electrónico queda invisible. Sin embargo, dicho intervalo puede utilizarse para transmitir información, en un 3 % de la totalidad del canal. Así pues, la información de videotexto viaja en cierto modo como un pasajero de incógnito con el programa de televisión que se esté emitiendo. Dicha información permite configurar representaciones sencillas en la pantalla, pero no imágenes en movimiento. En conjunto, se pueden transmitir de esta forma unas cien páginas de pantalla por minuto. Las páginas se irradian de forma consecutiva, siempre en el mismo orden. Esto significa que no se puede acceder directamente a la página 89 si el sistema está en la 24, sino que ha de esperarse a que vayan pasando en su orden normal hasta llegar a la página deseada. Por esta razón, los tiempos de espera son inevitables. Por otro lado, el videotexto es

un medio de comunicación barato si se compara con el videotex. Como éste, también requiere un aparato auxiliar, en que se pueda teclear el número de página que se desea, pero no hacen falta teléfono ni módem. Otra diferencia esencial entre videotex y videotexto consiste en que el videotexto, por su fundamento técnico, sólo permite la comunicación unidireccional, mientras que el videotex funciona en ambos sentidos, de forma interactiva.

La radiotelevisión austriaca fue una de las primeras instituciones europeas que inició a comienzos de 1980 un programa experimental de "teletexto". En colaboración con la asociación austriaca de editores de periódicos y la agencia de prensa Austria, se emitieron referencias de programas, predicciones meteorológicas, mensajes sobre el estado de las carreteras, cotizaciones de bolsa y noticias de actualidad. La participación de los medios de comunicación impresos terminó al cabo de un año, y hoy en día el teletexto se produce en una redacción propia de la radio austriaca.

En otros muchos países europeos existen experiencias similares, con distintas denominaciones.

En la República Federal de Alemania las pruebas de campo del videotexto empezaron en 1981. Durante mucho tiempo no se pudo llegar a un acuerdo sobre si el videotexto podía considerarse emisión radiada o bien un periódico, pues no pocos representantes de la prensa temían que las emisiones pudieran disputarles el mercado. En consecuencia, los editores de periódicos intentaron reclamar para sí el nuevo diario televisado. Frente a ellos, las entidades radiotelevisivas argumentaban que el videotexto era parte integrante de la imagen televisada y caía bajo su competencia. Por último, se unificaron criterios con el compromiso de que cinco diarios suprarregionales habrían de intervenir en la oferta de una cierta cantidad de información.

Según evaluaciones realizadas, en la República Federal de Alemania se vendieron en los últimos años 150.000 adaptadores de videotexto. La investigación complementaria de utilización del videotexto en las pruebas de campo de la ARD y de la ZDF dio como resultado que el sistema es utilizado sobre todo por hombres de mediana edad unos 10 minutos al día como media.

El videotexto ofrece una indudable ventaja para las personas afectadas por problemas de audición, para quienes en parte se ha desarrollado el sistema. La BBC británica había empezado a emitir ciertas emisiones subtituladas para sordos, al comienzo de los años setenta, pero muchos telespectadores no estaban conformes con

ello. Se buscó, pues, un sistema en que los subtítulos sólo pudieran insertarse a petición del usuario y de esta investigación procede el videotexto.

Televisión por cable

Mientras que el videotex y el videotexto gozan de una relativa difusión en Europa, en Estados Unidos ha comenzado desde hace poco la introducción de estos sistemas. Pero en cambio, los estadounidenses conocen desde hace tiempo una forma de comunicación tan antigua ya para ellos que podríamos cuestionarnos si se trata en realidad de un "nuevo medio de comunicación": la televisión por cable. En el año 1949 un distribuidor de radio, habitante de un pueblo situado en medio de los Apalaches, en el estado federal de Pensilvania, se encontró ante el problema de que las montañas circundantes perjudicaban la calidad con que se recibía la señal de televisión procedente de Filadelfia, lo que a muchos de sus clientes les indujo a renunciar a la compra de un televisor. Un día se le ocurrió la idea de instalar una antena en una de las montañas y tender un cable desde allí hasta el pueblo. Los usuarios de televisión pudieron entonces conectarse al cable pagando una pequeña cuota y disfrutaron a partir de entonces una perfecta recepción.

En los años cincuenta y sesenta, la televisión por cable se extendió por Estados Unidos, sobre todo en las comarcas rurales. La nueva técnica hizo que pronto reaccionaran las entidades de radio y televisión establecidas que vieron peligrar su preeminencia, pues tan pronto como una sociedad de cable tiene un número suficiente de abonados puede ofrecer también sus propios programas, que compra en cualquier otro lugar o incluso produce por sí misma. Como consecuencia se originaron una serie de pleitos que duraron años. Hasta 1968 no dictaron sentencia los tribunales sobre el fondo del asunto, y su veredicto fue que la televisión por cable podía hacer la competencia a las entidades emisoras.

En la actualidad, la televisión por cable llega a casi 20 millones de hogares norteamericanos y los empresarios que controlan este sistema argumentan como una de las ventajas más destacables el hecho de que sus programas están exentos de publicidad (sus arcas se nutren sobre todo del alquiler de los circuitos de cable), lo que constituye un indudable atractivo.

Como un cable tiene capacidad para docenas de programas, las empresas pueden hacer cálculos racionales por adelantado. Este hecho permite asimismo afrontar una especialización no acotada hasta ahora: por un lado es posible crear programas locales para una determinada zona, y por otro, los mismos pueden versar sobre temas determinados; así, por ejemplo, puede haber programas que transmitan noticias las 24 horas del día o bien retransmitirse emisiones para minorías.

La televisión por cable admite además una nueva posibilidad ya comentada para el videotex: la comunicación bidireccional. Empleada la televisión por cable con esta variante, sí podemos decir que estamos ante un nuevo medio de comunicación. La ciudad pionera en este camino hacia la televisión del futuro fue Columbus, población del estado norteamericano de Ohio, donde la empresa Warner Amex inició "Qube" en el año 1977.

El repertorio fijo de Qube consta de 30 programas de televisión. Los diez primeros canales atienden la programación de las emisiones públicas y de las grandes emisoras comerciales. Otros canales *(premium channel)* se reservan para programas especiales de pago. Así, por ejemplo, por cuatro dólares y pulsando un botón, el sistema puede emitir cualquier tipo de película o documental. Junto a numerosos programas de entretenimiento se ofrecen también docenas de cursos de formación, desde taquigrafía hasta la preparación para el examen de ingreso en la universidad.

También disfruta de gran popularidad el denominado "Community channel". A través de diez canales, el telespectador puede recibir, entre otras, transmisiones, emisiones locales, información al consumidor, noticias deportivas, información meteorológica, datos sobre el estado de la bolsa, programas cotidianos y programas de ayuda al aprendizaje.

Qube no consta solamente de un televisor y del cable correspondiente, sino que también necesita un aparato auxiliar provisto de un teclado, que sirve para elegir los programas y para intervenir en las emisiones en directo y poder contestar con un sí o un no a las preguntas dirigidas al público. Las encuestas a través de la televisión por cable se han convertido de esta forma en un medio eficiente para pulsar en cuestión de segundos la opinión pública sobre un determinado asunto. Pongamos por caso que se ha fundado un nuevo partido político y se ha celebrado un debate en televisión sobre sus objetivos. Al final de la emisión, el moderador puede preguntar a los telespectadores si votarían al nuevo partido. Se les pide que comuniquen su decisión pulsando la tecla de "sí" o de "no". Segundos después aparece en la pantalla el resultado, por ejemplo:

Opinan Sí	*20 %*
Opinan No	*80 %*

Como es lógico, la central de la empresa de televisión por cable precisa un ordenador que se haga cargo de estas tareas, así como de controlar los pagos de cada uno de los clientes que solicitan una determinada película en el *premium channel* y de cada servicio que solicitan. El conjunto de todas esas prestaciones pueden obtenerse con un solo ordenador. Por lo tanto, un único ordenador central controla, cada seis segundos, qué película se está pasando en cada una de las pantallas y almacena la información para la posterior preparación de la factura.

La televisión por cable bidireccional tiene un atractivo especial para empresas de publicidad e institutos de investigación de la opinión pública. En Columbus son corrientes las emisiones que transcurren del modo siguiente: la pantalla presenta dos hombres en una calle comercial, que miran el escaparate de una librería. De la escena se deduce que uno de ellos es librero. Se empiezan a discutir las ventajas e inconvenientes del libro de bolsillo en comparación con los encuadernados en cartoné. Pasado un breve tiempo, se consulta la opinión de los telespectadores y el ordenador calcula el resultado, poco asombroso por cierto, de que la gente compra más libros de bolsillo que encuadernados. Durante la discusión se citan también los títulos de cuatro libros recién editados. Al final de la emisión, aparecen en la pantalla los cuatro libros, numerados del 1 al 4. «Si quiere encargar uno de los cuatro libros», anuncia ahora el presentador, «pulse el botón correspondiente en su aparato auxiliar. El ordenador memorizará su nombre y dirección y la librería le remitirá el libro.»

Todo el programa se emitía desde una librería y se había procurado que el mismo no diera la impresión de un mensaje publicitario.

Este tipo de aportaciones son muy apreciadas por los directores comerciales que quieren probar nuevos productos. El ordenador central hace posible, por ejemplo, analizar los resultados de las encuestas desde cualquier punto de vista: proporción de sexos, domicilio, profesión, etc. No es de extrañar que numerosos usuarios de la televisión por cable empezaran a preguntarse sobre la cantidad de información sobre sus hábitos de consumo que se estaba vendiendo sin su conocimiento. En cualquier caso, el ciudadano medio norteamericano pasa unas seis horas al día, o sea una parte considerable de su vida privada, delante del receptor de televisión. Sus apetencias informativas reflejadas en la elección de películas, sus manifestaciones de opinión en las encuestas, etc., dan numerosas claves sobre su opinión política, su visión del mundo y su vida privada. Aquí nos encontramos con el hecho evidente de que los nuevos medios facilitan la intrusión en la esfera privada del individuo y por tanto en el control de la misma. Quien esté interesado en profundizar en estas cuestiones puede proseguir su lectura en la página 237.

Hay que señalar además que Qube también facilita las transferencias de dinero para comprar bienes y servicios si el usuario firma el contrato correspondiente. Por otro lado, se puede instalar una alarma eléctrica que transmita un aviso a la policía a través del sistema de cable. También se ha provisto lo necesario para casos de urgencia médica. La cuota de abono mensual para la televisión por cable bidireccional es de unos 8 dólares. Por cada programa adicional que se elija, los abonados pagan de 0,6 a 2,5 dólares. El sistema de seguridad puede costar hasta 170 dólares, además de la tarifa mensual de unos 8 dólares.

Volvamos a la televisión por cable unidireccional. Es difícil que se hubiera extendido con tanta rapidez por Estados Unidos si no fuera un buen negocio. En efecto, existen un sinfín de redes locales de cable que enlazan unas con otras por todo el territorio federal de Estados Unidos como una tela de araña. Mientras que las entidades de televisión que envían sus emisiones al público por el éter necesitan 30 millones de telespectadores como mínimo para poder financiar un programa de entretenimiento (viven sobre todo de la publicidad, que va unida a gran número de telespectadores), ese mismo límite se sitúa, en la televisión por cable, en "sólo" un millón, aproximadamente. Los predicadores carismáticos protestantes fueron los primeros que adivinaron esta situación y la aprovecharon para sus propios fines; algunos de ellos se hicieron así millonarios en poco tiempo.

Analizando estas experiencias, se puede afirmar que al principio el ritmo de crecimiento del número de usuarios de la televisión por cable no fue muy importante, hasta que no se introdujo la "televisión de pago". Ésta es una especie de televisión que funciona por monedas y en la que el telespectador recibe películas contra un pago especial. En la televisión de pago el usuario se conecta bien a un programa periódico a cualquier hora o bien recibe directamente el programa que solicite por un canal de retorno. Las ventas anuales en esta modalidad sobrepasan los 1.000 millones de dólares. Con la posibilidad de ver en la propia televisión la película apetecida, muchos presagian también el final de las salas de cine.

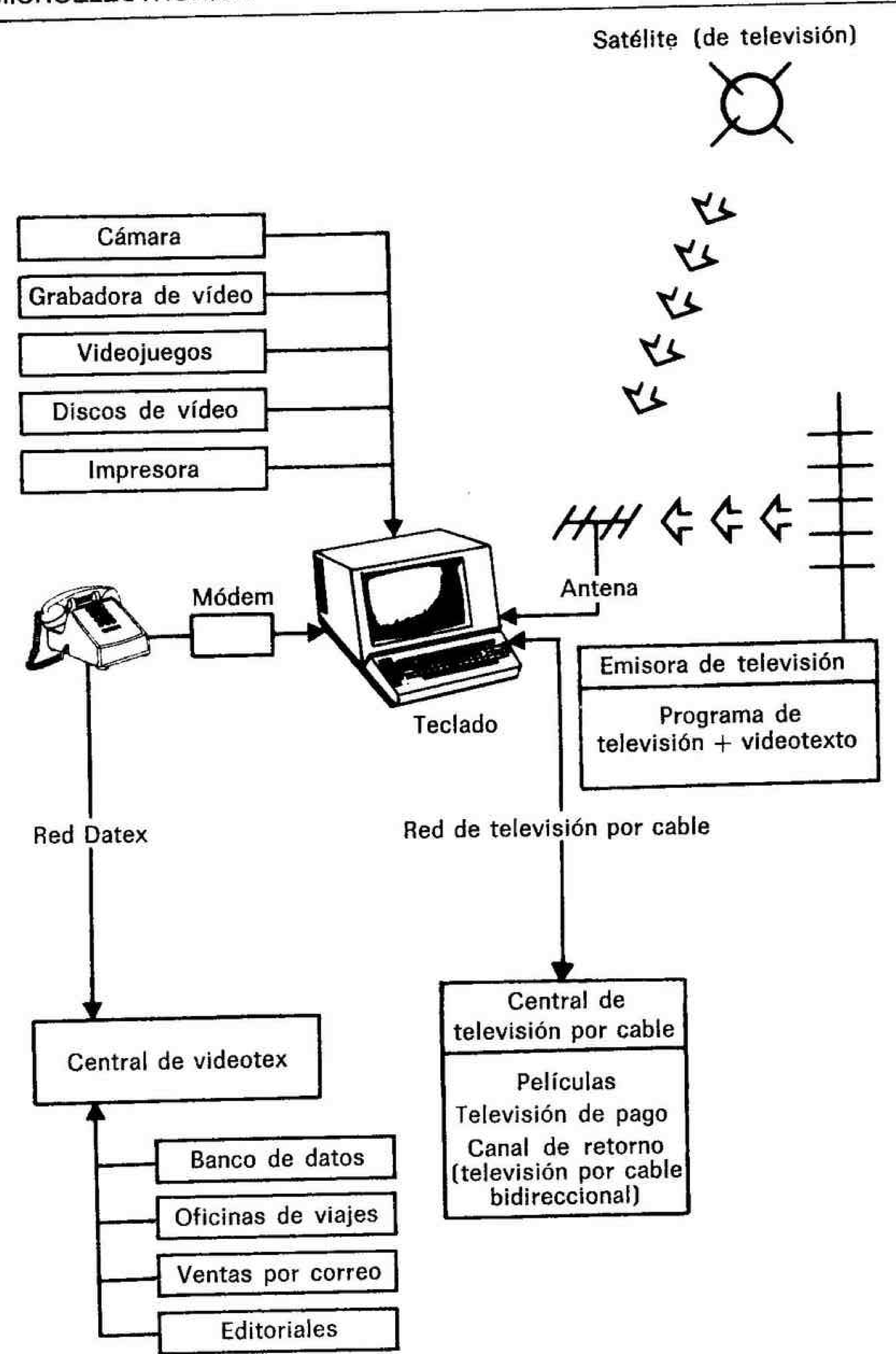


Fig. 57. La pantalla de televisión como fuente universal de información.

También las empresas de televisión y las casas editoriales temen la nueva competencia. En la página 218 y siguientes discutiremos con más detalle cómo podrían influir los nuevos medios de comunicación en la estructura del mercado futuro de la información.

En la República Federal Alemana, la evolución tomó otros derroteros. Ya en el año 1974 el gobierno federal nombró una comisión para extender a la vida corriente los sistemas de comunicación tecnificados, tras lo cual se produjeron recomendaciones para subsiguientes extensiones. El resultado fue que, en el campo de las comunicaciones por cable, se sugirieron tres proyectos piloto para experimentar nuevas formas de programación en televisión y radio y para investigar en qué medida satisfacían a los destinatarios de la información. En vez de respetar dicha recomendación, se produjo una violenta discusión en los "länder" sobre la cuestión de dónde debían llevarse a efecto las investigaciones. Hasta dos años después no se llegó a un acuerdo para empezar en Berlín, Dortmund, Munich y Mannheim; Baden-Württemberg emprendió los estudios por su cuenta y desarrolló un nuevo modelo.

Los proyectos de cable en la República Federal Alemana

En cuanto al tendido del cable, surgieron también grandes controversias de trasfondo político. La CDU, los editores de prensa, los científicos y los rectores de la economía opinaban que convenía crear entidades de derecho público que no produjeran programas propios, sino que más bien concedieran licencias para programar. Por otro lado la SPD, los sindicatos y las emisoras exigían que las experiencias fueran realizadas por las entidades emisoras; según estas fuerzas, la televisión de pago debería estar prohibida por principio. Entre unos y otros, se han hecho oír los movimientos ciudadanos, que rehúsan la comunicación por cable.

La polémica suscitada impidió que al principio se llevaran a cabo acciones concretas. El gobierno del SPD no estaba interesado, de todos modos, en ampliar la oferta de programas televisivos. Tras el traspaso de poderes a la CDU/CSU, los proyectos experimentales de cable volvieron a ser revitalizados. El ministro de comunicaciones alemán, Dr. Christian Schwarz-Schilling, anunció en febrero de 1983 que el número de hogares en los que se pensaba instalar el cable en el denunciado proyecto Ludwigshafen se elevaba de 43.000 a 136.000, con lo que las inversiones ascendían a 35 millones de dólares. También se planeó una ampliación del proyecto a realizar

en Munich. Estas dos instalaciones piloto se hallan en la actualidad en pleno funcionamiento.

En Berlín se proyectó introducir, junto a programas de televisión y radio, otros servicios interactivos que ofrecieran prestaciones relacionadas con el ocio, la formación y la ciencia, sin que hasta el momento se pueda afirmar si el proyecto es viable.

En Ludwigshafen las cosas sucedieron de otra forma: se aprobó una ley para la fundación de una nueva entidad de derecho público, a la cual se puede solicitar una licencia para un programa propio. La entidad tiene que comprobar si las emisiones previstas se atienen a sus directrices y si el solicitante dispone de los fondos suficientes para producir un programa propio. Se permite la publicidad (hasta un 20 % del tiempo de emisión) y también la televisión de pago. Junto con las investigaciones de emisión por cable se ofrece el videotex, para averiguar si los dos nuevos medios de comunicación se hacen la competencia o si el uno puede ser complementario del otro.

La forma comercial que adopte la televisión por cable depende de la política de cada "land" en cuanto a medios de comunicación. Hasta ahora existen los proyectos de ley correspondientes en Baja Sajonia, Hesse y Baden-Württemberg, entre otros. En conjunto, el panorama político en cuanto a medios de comunicación va a ser muy heterogéneo (el tercer programa se distribuye por cable a todo el territorio federal). A nivel federal no existe ningún acuerdo sobre la inclusión de programas privados. En cuanto a la publicidad, hay diversas orientaciones en los proyectos de ley, si bien existe una tendencia a limitarla a 10 minutos por hora y sin permitir la publicidad de interrupción. Aunque la CDU opina que el canal con retorno se acoge a la libertad de emisión, los juristas no se ponen de acuerdo en si las votaciones electrónicas que hace posibles son o no constitucionales. Los planes de inversión de la Administración de Correos alemana prevén que hasta el 1 de julio de 1985 será una realidad la disponibilidad de prestaciones a nivel federal. En cuanto a las tarifas, se estima que la cuota de conexión será de 150 dólares y el abono mensual de 2 dólares.

Nuevos medios de comunicación y propiedad intelectual

Por último, mencionaremos que los nuevos medios de comunicación plantean también una pléyade de problemas jurídicos. Así, millones de europeos, habitantes de zonas fronterizas, pueden recibir

en la actualidad programas extranjeros de televisión por cable sin pagar derechos de propiedad intelectual. Autores y sociedades de propiedad intelectual se vieron despojados así de buena parte de sus ingresos y empezaron a presentar demandas para el pago de tarifas contra las sociedades de televisión por cable. Se dictaron sentencias judiciales contradictorias. Así, por ejemplo, el Tribunal Supremo de Austria, en su "sentencia de Feldkirche" definía que "la recepción de un programa desde el aire y su retransmisión por una red de cables" eran la misma cosa, mientras que los custodios de las leyes alemanas decidieron lo contrario. La red por cable de Hamburgo que proporciona televisión por cable a varios miles de habitantes es, según una sentencia emitida el año 1978 por la Audiencia Territorial de Hamburgo, una "gran instalación de antena sin relación con la propiedad intelectual", es decir, que la entrada de programas extranjeros se sigue considerando como recepción. Si la retransmisión por cable fuera un acto de emisión, argumentaron los jueces, habría que considerar la instalación de cualquier televisor, tomada en sentido estricto, como estación transmisora, pues toda antena recibe ondas del éter y las transmite por cable al aparato de televisión. En el caso de la antena doméstica se trata de un cable de un par de metros de longitud, y en la instalación de cable, de un par de kilómetros, pero el proceso es básicamente el mismo en ambos casos. Como consecuencia, en muchos Estados empiezan a rectificarse las leyes de propiedad intelectual y aquellas que establecen prescripciones afines.

3. SATÉLITES

Los satélites son, como ya hemos visto (pág. 103), objetos voladores espaciales no tripulados que se ponen en órbita alrededor de cuerpos celestes con ayuda de cohetes portadores. En los párrafos siguientes nos atendremos únicamente a los satélites que giran alrededor de la Tierra. El significado de estos "espejos del cielo" no se puede valorar hasta que no se contemplan sus múltiples posibilidades de aplicación. Por el momento giran alrededor de nuestro planeta unos 5.000 satélites, el 75 % de los cuales se estima que sirve a objetivos militares. Éstos se utilizan ante todo para la observación (satélites espías), pero desde hace poco tiempo se prevé también la puesta en órbita de artefactos para su intervención activa en operaciones de destrucción (satélites asesinos). Como ya hemos vis-

to varias veces, los intereses militares constituyeron una de las fuerzas impulsoras en el desarrollo de la microelectrónica y sus aplicaciones, afirmación que es válida especialmente en el caso de los satélites. A las cuestiones relativas a la utilización militar de la microelectrónica se dedica un capítulo especial (pág. 191 y ss.). En lo que sigue nos ocuparemos con preferencia de las aplicaciones con fines pacíficos de la tecnología espacial. Si se considera que tales aplicaciones no constituyen sino una pequeña parte de todos los usos actuales, se podría conjeturar que los satélites, en la técnica informativa y de comunicaciones (telemática), representan un papel más bien secundario, pero la verdad es muy distinta. «Los satélites cambiarán los fundamentos de nuestra sociedad», afirma James Martin en su libro *Telematic Society*.

Los satélites reducen efectivamente las dimensiones del mundo. Permiten, exigen incluso, trascender las fronteras políticas creadas por el curso histórico como condición indispensable para el establecimiento de un sistema informativo global. Los satélites transmiten noticias, conversaciones telefónicas y programas de televisión en cuestión de segundos a todo el globo. Asimismo, recogen datos meteorológicos, los resultados de las cosechas, datos ambientales importantes y otras múltiples informaciones procedentes de cada zona de la superficie terrestre.

Igual que sucedió con los componentes microelectrónicos, también la técnica de los satélites se ha ido abaratando en el último decenio.

Esto ha sido posible porque la capacidad de estos ingenios se ha multiplicado: mientras que el primer satélite de comunicaciones, de nombre "madrugador" *(early bird)*, podía transmitir 240 conversaciones telefónicas simultáneas o dos programas de televisión en blanco y negro, los satélites actuales permiten el establecimiento de más de diez mil circuitos telefónicos o la emisión de cuatro programas de televisión en color. Hace ya tiempo que la transmisión vía satélite es más barata que la realizada por radioenlace o por cable.

Dos tercios de todos los enlaces de comunicaciones transoceánicos existentes se establecen ahora a través de INTELSAT, abreviatura de International Telecommunications Satellite Consortium, asociación internacional fundada en 1964 y a la que pertenecen ya 108 Estados. Las administraciones postales de 17 Estados europeos crearon una organización llamada EUTELSAT, que a partir de 1983 equipa un satélite de comunicaciones denominado INTERSPUTNIK. Haciendo la competencia en cierto modo a INTELSAT,

la Unión Soviética, los países del bloque oriental y algunos otros llegaron a un acuerdo en 1971 para la instalación de un sistema de satélites de comunicaciones.

Los satélites se sitúan, por medio del transbordador espacial de la NASA *Spaceshuttle* o de un cohete portador, en órbita terrestre a 36.000 kilómetros de altura sobre el ecuador. Allí se despliega el fuselaje cilíndrico del satélite, de 3,6 metros de diámetro, como si fuera un telescopio. Si se añaden las antenas plegables, el conjunto mide casi 12 metros. Casi todo el cuerpo del satélite está recubierto por las 40.000 células solares que suministran al vehículo espacial una potencia superior a los 2 kilovatios.

Los satélites de comunicaciones son geoestacionarios, es decir, vistos desde la Tierra parecen estar siempre quietos sobre el mismo punto de la superficie terrestre. En realidad no ocurre así, sino que neutralizan la rotación de la Tierra. Esto significa que una vez al día, durante una hora aproximadamente, la Tierra se coloca entre el Sol y el satélite y cubre a éste de sombra. En ese tiempo, el satélite se alimenta de la energía almacenada en baterías de níquel-cadmio.

Como es natural, el satélite no permanece en el lugar del espacio donde fue situado. La fuerza de atracción de la Tierra va haciendo que su órbita sea cada vez menor, y otras influencias pueden determinar asimismo la desviación de su curso. Por esta razón, es preciso realizar una y otra vez correcciones de trayectoria. La energía necesaria para ello proviene del combustible almacenado en sus cohetes antes de efectuar el lanzamiento, el cual se agota en unos años. La vida útil de un satélite es, por lo tanto, limitada.

El satélite INTELSAT VI cuenta con ocho cohetes impulsores. Los dos mayores sirven para situarlo en la posición inicial adecuada, y los otros seis para el ajuste posterior de su posición. En total, el aparato pesa casi dos toneladas. Mientras las antenas están orientadas siempre hacia la Tierra, el cuerpo del satélite está animado de un giro permanente para que las células solares de su superficie reciban por igual la radiación solar. Esta rotación requiere un esfuerzo especial del cojinete que separa el fuselaje giratorio del soporte de las antenas. En el soporte se equipan cinco antenas, la mayor de las cuales tiene un diámetro superior a los 3 metros; deben orientarse con una exactitud de 0,1°.

¿Cómo se establece contacto entre la Tierra y el satélite? Recordemos que hemos llamado a los satélites "espejos del cielo", debido a que reciben señales de la Tierra en forma de ondas electromagnéticas y las irradian de nuevo hacia nuestro planeta. Los satélites de

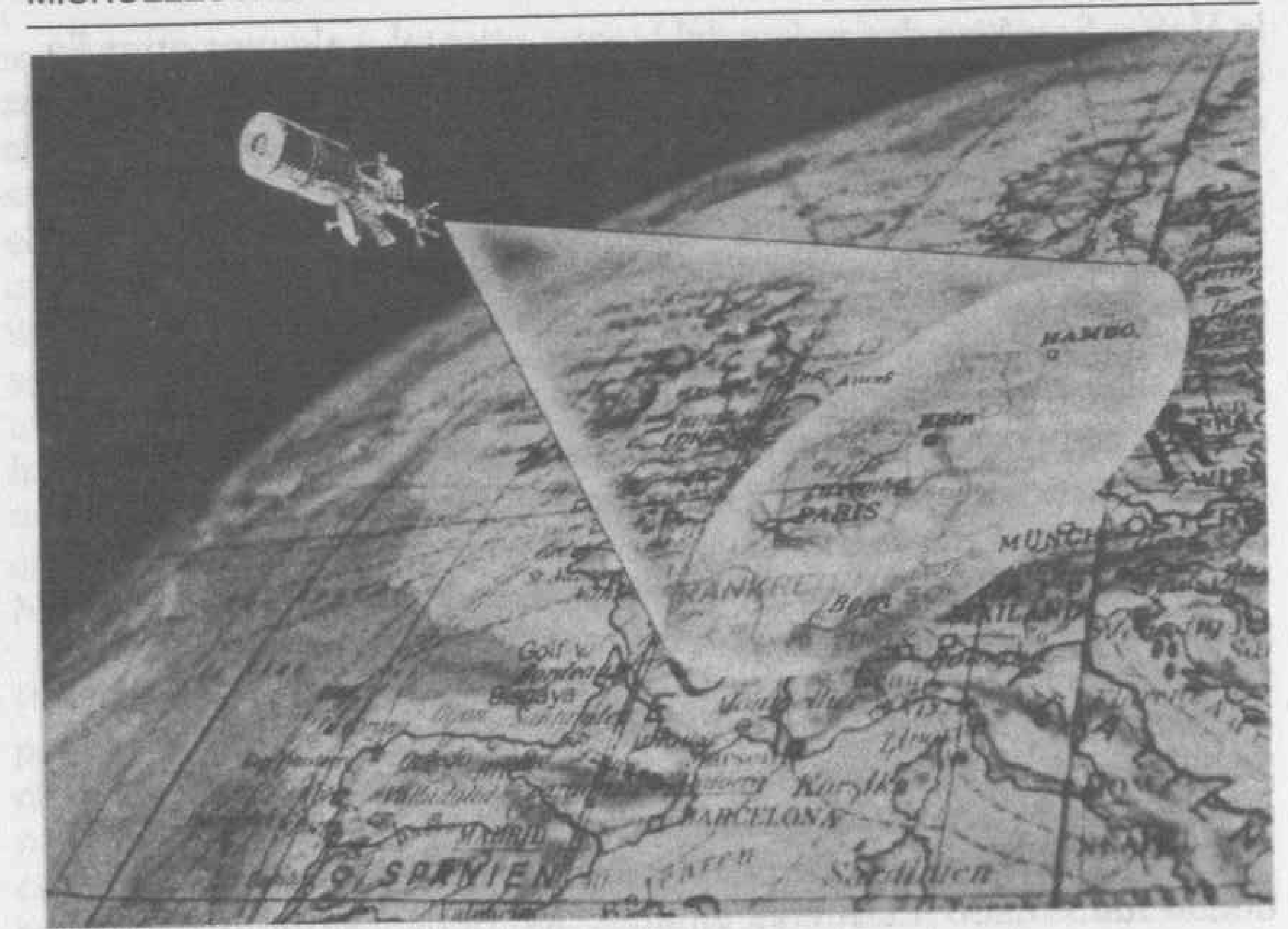


Fig. 58. Lóbulo de un satélite de televisión.

comunicaciones reciben señales a frecuencias próximas a los seis gigahertzios (GHz), las amplifican, las transforman a frecuencias cercanas a los cuatro GHz y las vuelven a transmitir hacia la Tierra. Mientras que los haces de emisión hacia el satélite van muy concentrados, el satélite distribuye su información en un área mayor, que en la superficie terrestre adopta una forma lobular (fig. 58).

La energía captada de la luz solar, por lo general no muy grande, es necesaria para la transformación y transmisión de las señales recibidas. Por lo tanto, las señales que llegan a la superficie terrestre son comparativamente débiles y es preciso construir antenas parabólicas que concentren dicha radiación. Según sea la potencia transmisora del satélite y la concentración del haz de transmisión, las instalaciones terrestres tendrán un diámetro que oscila entre uno y 30 metros. Las ondas electromagnéticas incidentes se amplifican y posteriormente se transforman según la aplicación que vayan a tener (televisión, radio, conversación telefónica).

Técnica de las comunicaciones para el Tercer Mundo

Los satélites de comunicaciones no sólo se hacen cargo del tráfico de comunicaciones, en crecimiento permanente y en el pasado efectuado por cable, entre los países industrializados. Hasta hace poco, en los países del Tercer Mundo únicamente había enlaces telefónicos completos en las grandes ciudades; a los pueblos y a las aldeas se podía llegar gracias a la radio. Con ayuda de la tecnología de satélites, las comunicaciones en estos lugares pueden dar un gran salto hacia delante sin tener que soportar los fuertes costes de tendido del cable, mantenimiento de estaciones repetidoras, etc. Es comprensible que, sobre todo en los países de menor desarrollo industrial, la nueva tecnología de comunicaciones sea recibida con los brazos abiertos. La India, Indonesia y algunos otros países hace ya tiempo que han entrado en la era de los satélites. Los países árabes les han seguido: los miembros de la Liga Árabe acordaron en el año 1976 establecer un sistema regional de comunicaciones por satélite (ARABSAT). Debía entrar en servicio en 1983 y soportar a un tiempo la conmutación telefónica, la transmisión de datos, el télex, la radio y la televisión. Uno de los fines primordiales del nuevo proyecto consiste en estrechar el intercambio cultural de los países árabes.

Motivos similares movieron a la India a iniciar la experimentación con satélites ya en 1974, en colaboración con la UNESCO. Entonces se equiparon más de 4.000 aldeas con estaciones receptoras. Un amplio abanico de emisiones, entre las que destacaban las de información agrícola, llegó a continuación hasta la aldea más apartada de la selva. También se dedicó una atención especial a las explicaciones sobre planificación familiar. Si se piensa que en las diferentes provincias de la India se hablan en total unos 140 dialectos distintos, se reconocerá el significado potencial de la comunicación de masas suprarregional como base para la integración nacional de la India.

Televisión por satélite en Europa

Se ha discutido mucho, sobre todo en Europa Central, una aplicación especial de la nueva técnica de comunicaciones: la televisión por satélite. En teoría, dentro de pocos años se podrán recibir ya en la República Federal de Alemania un total de 60 programas de televisión, incluidos los de producción propia y los de países vecinos. Hasta ahora, en este país compiten dos entidades públicas: ARD y ZDF. Todos los intentos de dar paso a una o varias entidades priva-

das más han chocado, en estos últimos años, con la oposición de los políticos.

Existe un convenio internacional que regula la penetración de las emisiones por satélite de un país en los territorios vecinos. En 1979, la World Administrative Radio Conference (WARC) asignó cinco canales de frecuencias a cada uno de los 107 Estados miembros y determinó las dimensiones relativas de los lóbulos. Los satélites de televisión deben cumplir al respecto dos requisitos: en todo el territorio del Estado para el que se emite, la calidad de imagen debe rebasar un valor mínimo y ha de ser posible la recepción de las emisiones con dicha calidad por medio de una antena de 90 centímetros de diámetro. De esto se deduce que los programas nacionales de televisión se podrán recibir también en las comarcas extranjeras próximas. Cuanto mayor sea la distancia, más débil será la señal, deficiencia que se puede compensar con la instalación de una antena mayor.

La conformación exacta que adopte en el futuro la televisión por satélite europea es incierta, a pesar del citado convenio. En cualquier caso, en el año 1978 se firmó un convenio de cooperación entre el entonces ministro federal de investigación Volker Hauff y el ministro de industria francés para el desarrollo y la producción de satélites de televisión de emisión directa. Desde entonces, Francia y la República Federal de Alemania desarrollan en común un satélite de emisión directa que, en dos tipos de igual construcción, deberían haberse lanzado con el cohete impulsor francés ARIANE. La fabricación de los componentes debe estar garantizada por un consorcio empresarial franco-alemán, del que forman parte, entre otras, las empresas Messerschmitt-Bölkow-Blohm y AEG-Telefunken. Entretanto el lanzamiento del satélite se retrasó a 1985, entre otras cosas por problemas técnicos en el cohete portador ARIANE.

En octubre de 1982 los jefes de gobierno de los *länder* acordaron que las investigaciones técnicas de explotación previstas por la Administración Federal de Correos deberían llevarse a cabo fundamentalmente con un solo canal vía satélite, mientras que la explotación definitiva tendría que disponer de dos canales para programas de televisión por satélite y un canal más para programas de radio de transmisión digital.

Otros muchos países europeos trabajan en el momento actual en proyectos de televisión por satélite. Desde que los editores de periódicos y revistas, con Axel Springer a la cabeza, han conseguido una participación del 30 % en el satélite de televisión de Luxemburgo, han puesto en peligro el monopolio de emisión alemán: el lóbulo de emisión del LUXSAT barrerá de hecho buena parte de la República Federal. Las entidades públicas de televisión se inquietaron ante este hecho por su cuota en el presupuesto de publicidad federal. Argumentaban que si había programas vía satélite debía ser bajo los auspicios del monopolio de emisión. Con tal motivo, desde Francia y desde la República Federal de Alemania se ejerce desde hace años una presión política sobre el ente luxemburgués de radio y televisión para eliminar la competencia del LUXSAT, cuyos efectos han sido el permanente retraso del lanzamiento, que ahora se posterga hasta 1987.

Por otra parte, la Administración de Correos alemana estaría en condiciones de neutralizar las emisiones de televisión vía LUXSAT. Podría hacer imposible la recepción de las mismas siempre que estableciera enlaces de ondas dirigidas en el intervalo exacto de frecuencias que use el satélite emisor. Un enlace de estas características tal vez pudiera utilizarse para el tráfico del servicio telefónico móvil. Como la potencia de los emisores terrestres es sustancialmente mayor que la generada en los satélites, podría ser interferido cualquier programa vía satélite. Por otra parte, las antenas de radio y de televisión necesitan una autorización y como sin antenas apropiadas no se podrá recibir televisión vía satélite, también en este aspecto se garantiza el control por parte de la Administración de Correos.

De todos modos, es de esperar que los editores de periódicos recurrirán en caso necesario al tribunal constitucional para aclarar si el empleo sistemático de transmisores de perturbaciones atenta o no a la libertad de información, pues el artículo 5, apartado 1 de la constitución alemana dice: «Todos tienen el derecho a manifestar y defender su opinión de palabra, por escrito o mediante imágenes y a informarse en fuentes de acceso general. Se garantiza la libertad de prensa y la libertad de información mediante la radio y las películas. No se realizará ningún tipo de censura.»

No sólo en la República Federal de Alemania se discute sobre la posible influencia de los programas extranjeros de televisión. Casi todos los Estados europeos occidentales participan en una auténtica carrera por la hegemonía en este campo. Se teme que los países pequeños podrían ver amenazada su identidad por el "bombardeo cultural" consiguiente, y se ha venido evocando el fantasma de un nuevo colonialismo cultural. Por ello, naciones como Suiza y Austria intentan participar a toda costa en la televisión por satélite,

sobre todo como medida de protección. Por otro lado, estos países pueden también obtener provecho del nuevo desarrollo: se sabe que el 15 % de los alemanes federales, lo que supone un número mayor que la población total de Austria, podrían recibir dentro de algunos años un programa austriaco vía satélite.

También las empresas de televisión por cable se beneficiarán de la técnica de satélites, ya que recibirán multitud de programas extranjeros vía satélite y luego los retransmitirán por cable a sus clientes. Esta confluencia de televisión por satélite y cable empezó en 1975 en Estados Unidos, cuando la compañía de cine en casa (Home Box Office) alquiló dos canales de satélite de un consorcio internacional y pudo distribuir así sus programas de costa a costa y a precio asequible hasta las distintas estaciones de televisión por cable.

No obstante, existe una diferencia fundamental entre los satélites de televisión norteamericanos y los europeos. Los primeros trabajan de modo indirecto, es decir como satélites de distribución, y su misión consiste en distribuir sobre una gran superficie los programas emitidos desde la estación terrestre, por lo que comparativamente necesitan menos energía. Así se consigue cubrir amplias extensiones a un precio rentable. También es verdad que para la recepción hacen falta antenas parabólicas de al menos seis metros de diámetro. Por el contrario, en Europa se tiende desde el principio a utilizar satélites de emisión directa para poder recibir con antenas relativamente pequeñas.

INTELSAT, COMSAT y SBS como supermercados de comunicaciones

Examinemos ahora con algo más de detalle el desarrollo histórico del empleo de los satélites en Estados Unidos, para que se tenga una visión más clara de las fuerzas y argumentos que intervienen al respecto. Después del impacto causado por el lanzamiento del SPUTNIK en 1957, el ministerio de defensa de Estados Unidos se comprometió a fondo en la técnica espacial. Casi nadie pensaba entonces en satélites asesinos. Como objetivo prioritario, los militares querían mejorar las comunicaciones entre sus bases, extendidas por todo el mundo. El primer satélite de comunicaciones de la NASA, el TELSTAR, no era aún geoestacionario, es decir se desplazaba a través del cielo, por lo que la estación terrestre tenía que dirigir el haz de transmisión a la posición que ocupara el satélite. En

1963 se lanzó el primer satélite geoestacionario. El pueblo norteamericano aceptó el programa espacial, que costó miles de millones de dólares, con la afirmación de que la nueva técnica produciría abundantes beneficios para todos. Desde un principio fue evidente que los satélites serían un buen negocio en las comunicaciones, pero lo que no resultaba tan claro era saber quién obtendría el mayor provecho con ellos. Ni siquiera hoy en día se ha dicho aún la última palabra en este asunto: en el fondo se trata de una batalla entre dos gigantes industriales, la compañía telefónica norteamericana ATT y el gigante de los ordenadores, IBM. ATT intentó desde el comienzo hacerse con el negocio de los satélites, entre otras cosas porque temía que los servicios de comunicaciones terrestres pudieran ofrecerse a mejor precio por otro camino. El primer sistema comercial de comunicaciones, COMSAT, concebido por el gobierno federal norteamericano, garantizaba el 50 % de las acciones a la ATT y a otras dos compañías. Como luego se demostró, esto no era suficiente para asegurar la influencia necesaria a la compañía telefónica norteamericana y la participación fue vendida después. Ningún peligro amenazaba a la compañia telefónica nacional, pues el Congreso norteamericano había limitado los servicios del COMSAT a las comunicaciones internacionales. COMSAT fundó a continuación la asociación internacional INTELSAT, como ya hemos mencionado en la página 142. COMSAT posee alrededor del 27 % de sus acciones, que le reportan un beneficio anual de unos 200 millones de dólares, pero el contribuyente norteamericano no recuperó un solo dólar de los 65.000 millones de dólares invertidos en el programa espacial. Más bien al contrario, ya que tuvo que pagar de nuevo al exigir INTELSAT de COMSAT una prima por la utilización de los canales telefónicos. A partir de ahí, COMSAT calcula un precio para ATT, que alquila los canales. ATT traspasa estos costes con el recargo correspondiente a la compañía telefónica de Nueva York, pongamos por caso, y ésta, a su vez, vive de las facturas que pasa a sus clientes.

La libre empresa es básica en el sistema económico de Estados Unidos. Nixon utilizó esta mentalidad para introducir la "política de cielos abiertos" *(Open Skies Politics)* en las comunicaciones, incluso para el tráfico nacional. Esta evolución hizo posible la entrada de compañías ya mencionadas, como la del "cine en casa", en el negocio de los satélites. Un paso de mayor alcance fue la creación del Satellite Business System (SBS) por IBM, COMSAT y una compañía de seguros de vida, con el cual ha surgido un adversario peligro-

so en el negocio de las comunicaciones a la compañía telefónica ATT, hasta ahora dominante. SBS vende sistemas de comunicaciones a empresas que tienen sucursales en muchos países, con lo que éstas pueden comunicarse entre sí sin necesidad de ponerse en contacto con equipos de las administraciones postales ni de las compañías telefónicas. El SBS estaba estructurado de modo que sólo podían participar empresas de gran poder financiero (las primeras estaciones terrestres para el sistema de comunicaciones vía satélite costaron más de 300.000 dólares). A pesar de ello, numerosas empresas multinacionales comenzaron a realizar todas sus comunicaciones internas vía satélite. Además había nacido una forma completamente nueva de celebrar conversaciones, las videoconferencias, gracias a las cuales un número cualquiera de participantes en una reunión, cada uno de ellos en un lugar del mundo, no sólo pueden hacer oír sus opiniones a los demás, sino también aparecer ante ellos en una pantalla. Con este ingenio, se piensa que se han convertido en inútiles, al menos en parte, las conferencias que exigen la reunión en un solo lugar de participantes procedentes de puntos alejados. Los técnicos que miran hacia el futuro piensan que llegará el momento en que se proyectarán imágenes holográficas tridimensionales de personas, así como de sus movimientos en una sala de conferencias, por lo que parecerán estar realmente presentes.

En Estados Unidos se gastan 100 millones de dólares al año en videoconferencias, lo que supone sólo alrededor del 1 % del mercado estimado como potencial. En este aspecto el negocio de las videoconferencias es por el momento más bien decepcionante. Una de las causas parece radicar en que los directores que intervienen en la conferencia carecen de medios de presentación cuando actúan por pantalla y transmiten una impresión poco profesional.

De este modo, IBM empezó a lanzar por medio del SBS un sistema de "oficinas automatizadas" de extensión mundial, en los que ordenadores, máquinas de escribir electrónicas y copiadoras se enlazan entre sí a través de redes por satélite. ATT reaccionó y ofreció servicios similares.

Este enfrentamiento transcurre también en un segundo frente: según la tradición, las compañías telefónicas tienen como misión transmitir información de todas clases. Pero hasta hace poco tiempo, la ATT tenía prohibido, por disposiciones legales, ofrecer también aparatos e información e irrumpir así en el mercado del procesamiento electrónico de datos. Como IBM y otras empresas habían invadido un sector reservado hasta el momento a las compañías telefónicas, ATT intentó, por su parte, demoler las barreras legales mencionadas, y lo logró a finales de los años setenta.

Los economistas esperan ahora, en la década de los ochenta, una batalla encarnizada para dominar el mercado, en rápida expansión, de la información y de las comunicaciones combinadas (telemática).

Como es natural, los dos gigantes, IBM y ATT, no son los únicos que luchan por este mercado. También Xerox, Texas Instruments, RCA, ITT y Exxon han comenzado a invertir en los últimos años en la nueva tecnología. Es de esperar que los servicios actuales que se valen del papel como soporte puedan ser sustituidos cada vez en un grado mayor por conmutación electrónica de datos. Varias administraciones postales ofrecen ya "correo electrónico", o sea conmutación electrónica de cartas.

A pesar de todo lo anterior, aún no hemos descrito ni mucho menos todas las aplicaciones de la tecnología de los satélites. Un repaso medianamente completo necesitaría un volumen monográfico. Por lo tanto, nos limitaremos en los párrafos que siguen a describir algunos puntos clave, ante todo de la investigación alemana sobre satélites, en ámbitos distintos de la técnica de comunicaciones.

Con la puesta a punto del laboratorio espacial SPACELAB, impulsado por las autoridades europeas de la astronáutica, se abren nuevas perspectivas para la realización de experimentos científicos. Hay fenómenos biofísicos y fisiológicos que pueden ser sometidos a investigación sistemática en condiciones del espacio exterior. Cuando el SPACELAB gira alrededor de la Tierra se compensa casi por completo la fuerza de atracción de ésta y la fuerza centrífuga de la astronave, de modo que su resultante es una fuerza de gravedad residual muy exigua (viene a significar una millonésima parte de la aceleración de la gravedad en la superficie terrestre). En tales condiciones, es posible estudiar por ejemplo el proceso de crecimiento de los cristales y realizar experimentos metodológicos. También pueden comprobarse el crecimiento de las plantas en estado de ingravidez y la influencia de la radiación extraterrestre sobre los seres vivos. Asimismo, se investiga su influencia sobre el sistema nervioso central, las alteraciones del comportamiento, la circulación de la sangre y numerosos procesos metabólicos.

Los satélites observan la Tierra

La posibilidad de observar la Tierra desde los satélites abre además un amplio campo de aplicación, que conducirá con toda seguri-

dad a un redescubrimiento de nuestro planeta. El reconocimiento orbital de la superficie terrestre y de la atmósfera puede ser aprovechado para resolver numerosos problemas, entre ellos los relativos a la investigación y a la vigilancia ambiental, y potencia aportaciones a la investigación climatológica, a la meteorología y a la geología. Los trabajos de la República Federal de Alemania se centran por el momento en la recogida de datos y en el inventariado del aprovechamiento del suelo, en el análisis de los datos que se radian hacia la Tierra desde el satélite meteorológico europeo METEOSAT y en el apoyo a la investigación fundamental en el ámbito de la geología.

Desde 1972 circundan la Tierra los satélites de reconocimiento terrestre LANDSAT I y II, desde 1978 lo hace el LANDSAT III, y, a partir de 1982, el LANDSAT IV. A una distancia de 900 km envían sin descanso a la Tierra imágenes de nuestro planeta. Las dos superpotencias venden ya fotografías de satélite a gran escala para la realización de todo tipo de trabajos cartográficos, información sobre cosechas y prospección de recursos naturales aún sin descubrir. En Estados Unidos, se predicen de este modo las cosechas de cereales con una tasa de fallos del 5 % como máximo. En caso de plagas, las fotografías tomadas desde el espacio proporcionan datos sobre el área de propagación de las mismas y hacen posible la lucha selectiva contra ellas.

Cuando, en julio de 1978, extensas zonas de Sudán fueron asoladas por una catástrofe de lluvias devastadoras que hicieron inaccesibles comarcas enteras, los Estados Unidos transmitieron información sobre las aldeas más afectadas e hicieron posible de este modo que se tomaran medidas concretas de ayuda. En Brasil, por ejemplo, se detectaron yacimientos de estaño no descubiertos hasta entonces, con ayuda de fotografías tomadas desde satélite.

Hasta ahora, los satélites LANDSAT han sido financiados por el gobierno federal de Estados Unidos. A comienzos de 1983, el ministerio de comercio de este país recomendó al presidente vender los satélites a una empresa privada. Mediante la explotación comercial de las fotografías de la superficie terrestre tomadas desde el espacio se quiere liberar al contribuyente norteamericano de la carga que supone un sistema del que se benefician otros países tanto como Estados Unidos. Por el lado contrario, se argumentaba que los satélites LANDSAT tenían también un significado estratégico para EE.UU. y en consecuencia deberían quedar bajo la custodia del gobierno. A este respecto no se ha dicho todavía la última palabra.

El SEASAT, lanzado en 1978, vigila los océanos y mide de forma constante parámetros como la altura de las olas, la velocidad de los vientos y la temperatura de la superficie del agua. Como muchos peces habitan aguas cuya temperatura se halla comprendida entre unos límites muy definidos, la información de esta índole permite que las flotas pesqueras se dirijan a zonas ricas en pesca, método de gran interés para la industria pesquera.

Para concluir, echemos un vistazo al estudio «Outlook for Space» de la NASA, en el cual se presentan los logros técnicos que se alcanzarán en un futuro algo más lejano: cuando la potencia de transmisión de los satélites alcance cotas más considerables, podrán desarrollarse aparatos de radio del tamaño de un reloj de pulsera (con un coste de unos 7 a 10 dólares si se fabrican en serie) que podrán recibir señales de satélites. Dichos radiófonos podrían utilizarse también para determinar con toda exactitud el paradero de las personas.

Es evidente que este proceso evolutivo no tiene solamente aspectos positivos. Algunas de las expectativas descritas pueden parecer poco realistas en el momento actual, pero si bien ignoramos lo que se conseguirá desde el punto de vista técnico dentro de unos diez años, podemos decir sin embargo, a la luz de la experiencia de las últimas décadas, que los cambios inducidos por la tecnología de los satélites serán sin duda trascendentales. Se trata de acciones a distancia del chip, en el más estricto sentido de la expresión. A continuación volveremos del espacio a la Tierra, y consideraremos cómo se utiliza ya la microelectrónica en todos los hogares.

4. LA MICROELECTRÓNICA EN EL HOGAR, EL OCIO Y LA ENSEÑANZA

Los chips se encuentran hoy en día por todas partes. Cada hogar alemán alberga, según los especialistas, unos 15 microprocesadores por término medio. La mayoría de ellos ni siquiera los advertimos, pues la microelectrónica se ha introducido en nuestras casas con gran naturalidad. Por eso mismo, los chips pasan hasta cierto punto desapercibidos en los hogares, ya que forman parte de dispositivos que para nosotros no son nuevos ni mucho menos: máquinas de coser, frigoríficos y hornos de microondas hace años que forman parte del inventario de muchas casas. Todos estos aparatos suelen tener funciones de control mecánico (temporizadores, detectores de

temperatura, etc.) y son éstas precisamente las que asume el chip. Así, las modernas máquinas de coser albergan un microprocesador que controla y racionaliza los procesos mecánicos, y desde hace algún tiempo también se encuentran en el mercado las lavadoras programables: el ama de casa indica la clase de colada, su peso y el grado de suciedad y el microprocesador selecciona el programa de lavado idóneo. Un programa de fallos incorporado ayuda al técnico de mantenimiento a localizar las averías. También el horno de microondas trabaja en grado creciente controlado por ordenador. Según sea el tipo de alimento y que el mismo deba ser descongelado o sólo calentado, el microprocesador selecciona programas diferentes.

No hay trabas posibles para la imaginación cuando se buscan otras posibles aplicaciones de la microelectrónica en el hogar. Por una parte los chips son sensibles al calor y a la humedad y por otra son fiables y ahorran energía.

El último aspecto mencionado es también un factor esencial en muchos sectores: para el técnico electrónico no representa ningún problema insertar un mando en el radiador, tener en cuenta la temperatura exterior y el coste del combustible y con estos datos controlar la calefacción para lograr un rendimiento óptimo.

Los circuitos integrados están presentes en el hogar, sobre todo en aquellos casos en que existe un enlace técnico con el mundo exterior: en el teléfono, la radio y la televisión. Somos mucho más conscientes de los éxitos de la microelectrónica en aquellos aparatos que sirven, por ejemplo, para la mejora de la calidad del sonido o de la imagen en tocadiscos controlados por ordenador o en grabadoras de vídeo programables, respectivamente. Contamos además con las aplicaciones ya consideradas cuando describíamos los nuevos medios de comunicación: aparatos auxiliares del televisor permiten acceder, a través del videotex, a la cuenta bancaria propia, a la guía de ferrocarriles y a numerosas fuentes de información almacenada. Al mismo tiempo, cada vez se ofrecen más ordenadores que no sólo sirven para jugar al ajedrez, sino que también memorizan números de teléfono y citas, y hasta llevan la contabilidad: son los ordenadores domésticos. Ordenador y técnica de comunicaciones intercambian sus posibilidades en estas aplicaciones: los ordenadores domésticos son utilizables como terminales de videotex, y los aparatos auxiliares, que en principio se idearon sólo para el videotex, hacen las veces de ordenadores domésticos. La pantalla de televisión o la del ordenador se convierten así en una fuente de información universal (fig. 57).

¿Para qué ordenadores domésticos?

Las empresas de este sector industrial tratan de convencer al hombre de la calle, en Estados Unidos y en Japón, de que debe adquirir un ordenador personal. Artículos en las revistas de ordenadores, con títulos como "¿Qué ordenador debo comprar?", aconsejan ya desde su primera página cuántos "K" de memoria se "necesitan".

Consideremos algo más de cerca un posible campo de aplicación del ordenador doméstico. Millones de ciudadanos padecen obesidad, según demuestran las estadísticas. Un sinfín de mujeres quisieran adelgazar, no sólo por cuestión de salud, sino también de estética, por lo que no es de extrañar que el negocio de la dietética florezca y que las dietas proliferen. En casi todas las cartillas de alimentación figuran tablas más o menos largas que informan del poder energético de cada alimento y de su contenido en albúmina, carbohidratos y grasas. Casi ningún ama de casa está dispuesta, no obstante, a pesar cada ingrediente que interviene en la preparación de los platos, a buscar después en la tabla de calorías y al final, después de una penosa suma, averiguar si el plato era demasiado rico en calorías o no. Con un programa de dieta y un ordenador doméstico se hace realidad por fin una planificación alimentaria hecha a la medida. Es cierto que quienes vigilan su dieta han de introducir en el ordenador la clase y la cantidad de los alimentos consumidos, pero luego el programa no sólo proporciona el valor energético del plan de nutrición sino que también responde a preguntas tales como si contiene suficientes vitaminas o si el ingrediente es demasiado graso.

Estos programas están ya en el mercado y sirven para indicar al hombre sano si su alimentación es correcta y también para informar a los diabéticos cómo pueden organizar sus comidas respetando su dieta. El ama de casa y el hombre interesados en su instrucción, cuando ya están familiarizados con el ordenador, pueden combinar el programa de alimentación con otro que mantenga al día el suministro de alimentos y marque directrices para planificar la compra. De aquí a la contabilidad doméstica con ayuda del ordenador (cuentas de alimentación, energía, aparatos electrodomésticos, etc.) no hay más que un paso.

Es probable que muchas amas de casa de más edad, a la vista de tales adelantos, sacudan incrédulas la cabeza. Pero pensemos que en Estados Unidos se emplean en la actualidad más de 3 millones de ordenadores domésticos. Para los adultos de la República

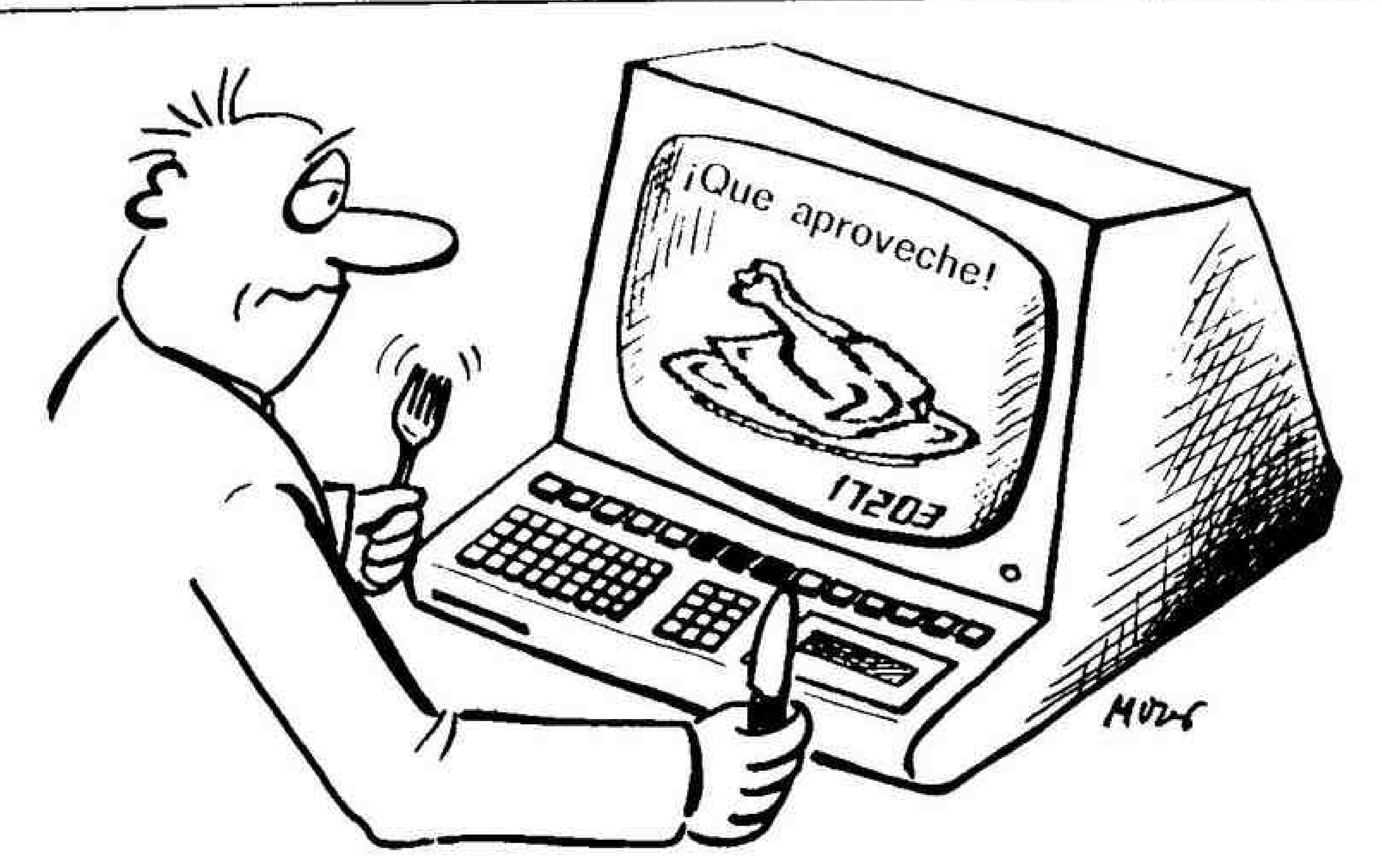


Fig. 59. Electrónica en el hogar.

Federal de Alemania quizá sean todavía artefactos extraños, pero la próxima generación está ya creciendo en medio de ellos.

Ordenadores para la formación y el reciclaje

Los ordenadores para aprender y jugar son tan naturales ya para los niños de los años ochenta como la televisión lo era para sus padres. Sólo en Estados Unidos, el mercado de los videojuegos ha ascendido en pocos años a 1.600.000 dólares. En América, Asia y Europa, centenares de empresas compiten por un mercado tan lleno de futuro.

Se estima que los incondicionales del juego de todo el mundo pasan sentados un total de unos 1.500 millones de horas delante de sus pantallas y en ellas juegan al tenis a golpe de botón, luchan contra invasores galácticos o resuelven ejercicios de preguntas y respuestas. Más de 3.000 millones de dólares se gastan al año en esta nueva clase de diversión. Tasas de crecimiento del orden del 200 % se consideran normales en este campo. Se crean fortunas en el plazo de un año y se compensan segmentos de mercado con tendencia negativa.

Lo que hoy se mide en miles de millones de dólares y tasas de crecimiento de varias cifras empezó hace más de diez años siendo

una típica historia norteamericana. Un ingeniero californiano de 26 años, que cursaba estudios en la Universidad de Utah, transformó ocasionalmente en juguete la instalación informática de la universidad. En lugar de series numéricas indefinidas, entre él y un compañero hicieron salir a las pantallas naves espaciales. Si entonces todavía era necesario un gran ordenador para la construcción de tales juegos, algunos años después llegó el momento, gracias a la progresiva y avasalladora miniaturización, en que los juegos electrónicos estuvieron también al alcance del hombre de la calle. El ingeniero, cuyo nombre es Nolan Bushnell, hizo por afición un aparato de control y lo unió con un pequeño ordenador y una pantalla de blanco y negro. Y a todo ello le acopló un dispositivo tragaperras.

El primer juego de ordenador era sumamente sencillo: dos pequeñas barras blancas en los laterales de la pantalla y un punto luminoso que hacía las veces de pelota. Había nacido el tenis de mesa electrónico. Bushnell tenía, cuando el primer aparato estuvo preparado, 32.500 dólares de deudas y un sencillo taller que había bautizado con el nombre fantástico de "Atari". Con ello se había colocado la piedra angular de una empresa que ahora se considera una de las compañías de más rápida expansión en la historia de Estados Unidos.

Bushnell montó el primer juego electrónico en el bar de un amigo. Pasadas algunas horas, éste le llamó para comunicarle que el aparato estaba estropeado. Bushnell comprobó el juego automático, pero únicamente descubrió que la caja de monedas estaba ya demasiado llena. Tres años después vendió su empresa por 19,5 millones de dólares al consorcio de juegos recreativos Warner Communications, que añadió a la idea de Bushnells las ventas, el marketing y la dirección de una gran empresa. En el año 1983, Warner Communications pudo obtener con los juegos electrónicos unos ingresos de 1.600 millones de dólares.

De este vertiginoso crecimiento no han participado únicamente los juegos automáticos que en bares y salas de juego proporcionan pingües ganancias a sus propietarios, sino sobre todo otro invento de la empresa Atari: un aparato auxiliar conectable al televisor en el que pueden insertarse cassettes con distintos programas de juegos. Los dispositivos fijos cuestan más de 98 dólares y los juegos sueltos se pueden adquirir después por una cantidad que oscila entre los 32 y los 65 dólares.

Una verdadera avalancha de juegos, de ordinario con motivos bélicos y siempre con nuevas variantes, se derramó por todo el

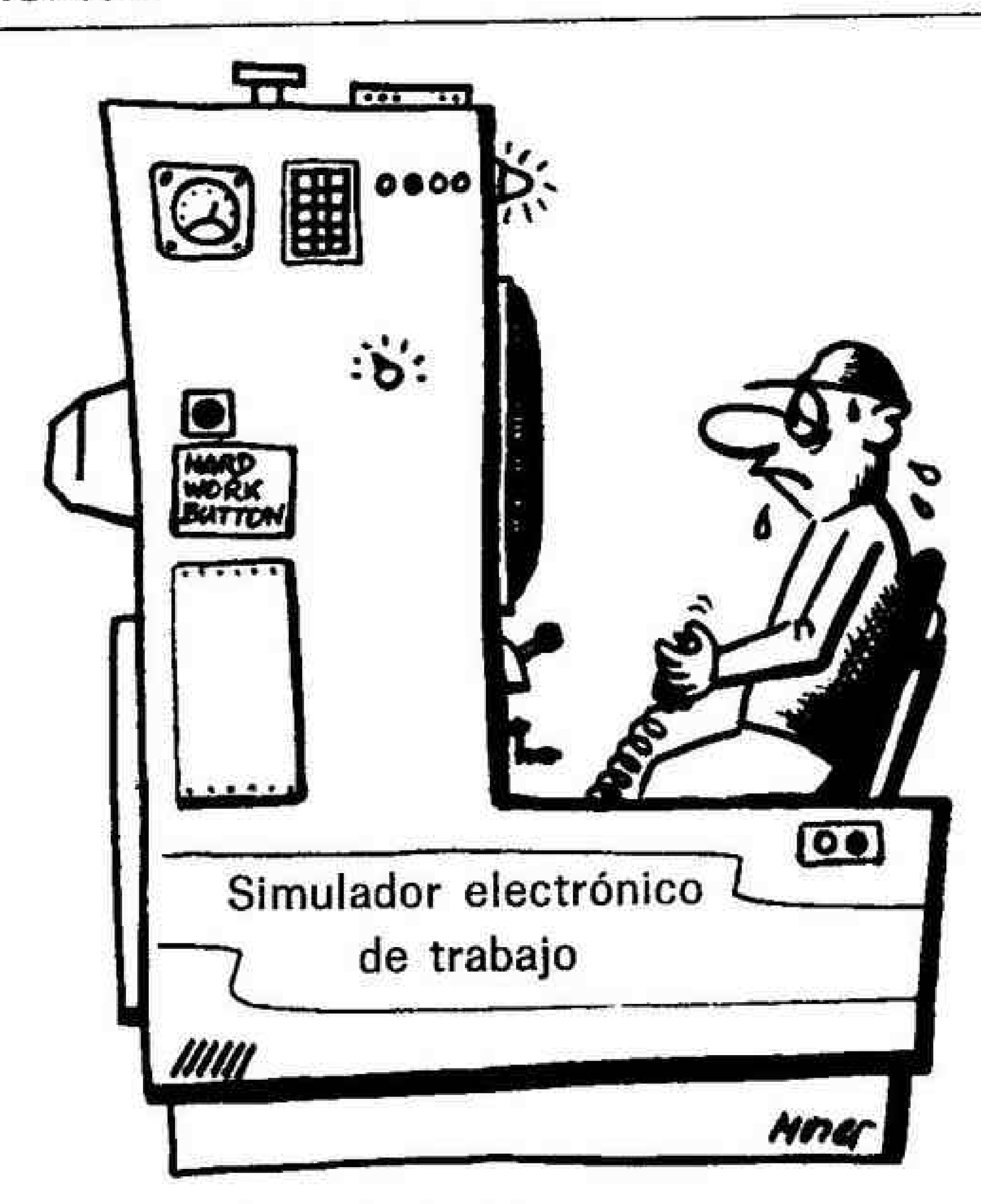


Fig. 60. Marchando por la sociedad del ocio.

mundo. Ya sea en Tokio, París, Hamburgo o San Francisco, en todas partes los jóvenes se sumergen en un mundo electrónico ficticio que les transmite las experiencias de éxito y aventuras que echan de menos en la vida diaria. Uno de los juegos que más éxito de ventas han tenido consiste en un muñeco, llamado PacMan, que avanza por un laberinto y es perseguido por fantasmas. Si éstos llegan hasta él, se los traga. Si el jugador tira por un camino equivocado en el laberinto, los fantasmas se acercan por detrás y devoran a PacMan. Cada jugador dispone de "tres vidas". Si come un número determinado de fantasmas gana otras "vidas" gratis. Pero como los fantasmas se hacen cada vez más numerosos y más rápidos a medida que el jugador tiene más puntos, al final todos los PacMan acaban por sucumbir. En cada tipo de juego suena una música característica que destaca el éxito o el fracaso.

Los videojuegos parecen ser negocio tan brillante que las empresas, en su lucha por una participación en el mercado, incluso llegan a pleitear en los tribunales. Así, la empresa norteamericana Sanders Associates patentó, al final de los años sesenta, circuitos que generan y gobiernan un punto móvil en la pantalla. Magna Vox, empresa filial de Philips, compró los derechos de patente y en seguida empezó a entablar demandas contra fabricantes de videojuegos porque estos últimos también movían puntos luminosos en una pantalla. Un tribunal falló a favor de Magna Vox y decidió que todo fabricante de videojuegos debía pagar licencia a Philips.

En comparación con la evolución espectacular experimentada por los juegos electrónicos, la introducción de la microelectrónica en la enseñanza, al menos en Europa Central, ha sido más bien discreta. La expansión de las aplicaciones pedagógicas de los microordenadores ha sido escasa, entre otras razones porque el *software* desarrollado hasta el momento tiene limitaciones de empleo en los modelos de los distintos fabricantes. Por un lado, el gasto de desarrollo es considerable, aun para sistemas de enseñanza sencillos, y por otro, en el sector de la educación las barreras contra el uso de ordenadores es mayor que en el campo del ocio.

En Estados Unidos, las autoridades se están ocupando en la actualidad de dotar a todas las escuelas con ordenadores. Y en todas las especialidades, los alumnos deben aprender a emplear los métodos de la informática para la resolución de problemas. En consecuencia, para los alumnos de secundaria norteamericanos resulta obvio manejar pantallas y disketes y aprender con el ordenador por medio de preguntas y respuestas. Entretanto, los fabricantes de ordenadores que contaban con una mejor planificación idearon material docente incluso para los jardines de infancia: en el Instituto de Tecnología de Massachusetts se creó un nuevo lenguaje de ordenador, el LOGO, especial para niños a partir de los 3 años. Ya en la edad preescolar, los niños se sientan delante de la pantalla, intentan hacer versos y aprender a leer y a hacer cuentas. El único adelantado en el desarrollo de programas de enseñanza por ordenador en los años sesenta fue el gigante norteamericano en ordenadores Control Data. A un coste de casi 700 millones de dólares, la empresa empezó a desarrollar ya en 1962 un programa especial de enseñanza denominado PLATO (Programmed Logic for Automated Teaching Operations).

Aunque en la actualidad, más de 20 años después, Control Data obtiene del *software* de PLATO unos ingresos más bien modestos de 130 millones de dólares, o sea el 5 % de su beneficio anual, su dirección espera que algún día más de la mitad de las ganancias de la empresa procedan de PLATO. El empleo de la electrónica en la enseñanza no se limita sólo al área de las escuelas de educación gene-

ral; también resulta aplicable, por ejemplo, a la formación de pilotos, mediante la simulación en pantalla de vuelos de prueba. La empresa American Airlines pudo reducir los costes de la formación de pilotos de una forma sustancial cuando instaló en 1977, por 3 millones de dólares, un centro de formación de pilotos por ordenador según el sistema PLATO.

También los programas de ordenador para reciclaje educativo consiguen cifras considerables de ventas en Estados Unidos. No es raro que dichos programas sean preparados por universidades y se ofrezcan a través de la televisión por cable. Esta nueva posibilidad de aprender es especialmente útil para las amas de casa, que de esta forma pueden aprobar cursos universitarios desde su domicilio (véase pág. 135).

La entrada de los ordenadores en la escuela no se ha producido sin controversias, como es natural. Las discusiones giran, sobre todo, en torno a cuestiones tales como en qué medida los medios audiovisuales y los programas de enseñanza por ordenador suponen un sustituto válido del profesor. Si muchos creían aún en los años sesenta, con un entusiasmo exagerado, en una enseñanza encargada exclusivamente a los medios programados, en la actualidad dicho entusiasmo se ha moderado.

Consideremos el modo en que un ordenador puede apoyar el proceso docente. En primer lugar, un ordenador es programable, es decir el alumno puede resolver problemas con programas creados por sí mismo. En segundo lugar, el ordenador puede almacenar programas, y por último puede tener a disposición del alumno datos estructurados, es decir, almacenar conocimientos.

El ordenador cumple, pues, en el proceso de aprendizaje dos funciones esenciales, a saber: la de una herramienta (programación) y la de un medio o soporte (almacenamiento y accesibilidad de la información). Esta última función la comparte con otros muchos medios, como cintas musicales, películas, diapositivas, etc. La novedad en comparación con las ayudas audiovisuales a la educación estriba en su función de herramienta, que permite la aplicación de estrategias pedagógicas adaptables al educando en los aspectos temporal y metodológico.

Desde el punto de vista histórico, el aprendizaje por ordenador se desarrolló antes de disponer de un planteamiento psicológico-didáctico, en el cual los temas se ofrecen en fases estructuradas y después se comprueban los conocimientos asimilados por medio de preguntas en forma de "test". Más reciente es el empleo del deno-

minado paradigma de exploración. Parte de la idea de que el ordenador posee un "modelo oculto" y que el alumno, mientras trabaja con él, va descubriendo al mismo tiempo que aprende las propiedades y el modo de comportarse de dicho modelo. Este principio de simulación didáctica permite la comprensión de modelos más complejos y no abarcables a simple vista. Es frecuente que facilite la eliminación de barreras en el proceso de aprendizaje.

¿Cuál es la situación actual en la República Federal de Alemania en cuanto al uso de ordenadores en los centros de enseñanza? Como los distintos "länder" han desarrollado concepciones muy diferentes al respecto, en los párrafos siguientes nos limitaremos a hacer una exposición de las numerosas actividades del ministerio de educación y culto del estado de Baviera. Desde 1968, este ministerio realiza investigaciones sobre las distintas aplicaciones del procesamiento de datos en el sector educativo. El empleo del ordenador en la educación abarca tres campos: la enseñanza de la informática, introducida desde 1969 en muchos tipos de escuela, un segundo campo de aplicación en que se emplean ordenadores y programas como medio auxiliar en diferentes especialidades, y la posibilidad de utilizar el ordenador como monitor, con ayuda de programas de formación. Todas las experiencias coinciden en señalar que el interés en los centros donde se enseña informática es grande y en que las posibilidades de trabajar con un ordenador se aprovechan en gran medida por profesores y alumnos. Los microordenadores, tanto en su aspecto técnico como en la evolución de sus precios, se han hecho tan asequibles a la escuela en estos años que las 3/4 partes de todos los institutos y casi la mitad de las escuelas secundarias bávaras cuentan ahora con un microordenador para los alumnos.

Gracias al aprendizaje y al juego con el ordenador, está surgiendo una generación nueva para la cual la microelectrónica es algo natural, si bien en la actualidad resulta imposible prever los cambios a que este fenómeno dará lugar. Hace ya tiempo que poder utilizar un ordenador no significa haber dominado las modificaciones que se han desencadenado en nuestra sociedad. El tema de si los ordenadores y los nuevos medios de comunicación van a conducir en última instancia a un nuevo analfabetismo o si la enseñanza está a punto de dar paso con ellos a la era de la información, exigirá nuestra atención más adelante (véase pág. 265).

5. LA OFICINA AUTOMATIZADA

Cuando se oye la expresión "oficina electrónica" se asocia a conceptos como "proceso de textos", "contabilidad por ordenador" y "facsímil", todos ellos hijos de la microelectrónica y que se han hecho posibles gracias al surgimiento combinado de las técnicas de los ordenadores, de la información y de las comunicaciones. Algo similar se ha visto ya en el capítulo anterior. En éste queremos ampliar la gama de aplicaciones del proceso electrónico de datos en una faceta que nos afecta a muchos de nosotros: la automatización de la administración. Si en el umbral del siglo XX el 20 % de los empleados de una empresa industrial realizaban trabajos de oficina, en 1950 era ya el 35 % del personal quienes ocupaban puestos de oficina y administración. En 1985, son alrededor del 50 % las fuerzas laborales activas ocupadas en tareas de administración e información. Si se considera que unas 3/4 partes de los costes que se producen en las oficinas se derivan de la mano de obra, resulta evidente el impacto de la mecanización en el sector administrativo: según estima la empresa Siemens, un 40 % como mínimo del trabajo de oficina podría automatizarse. De esta afirmación se deducen los

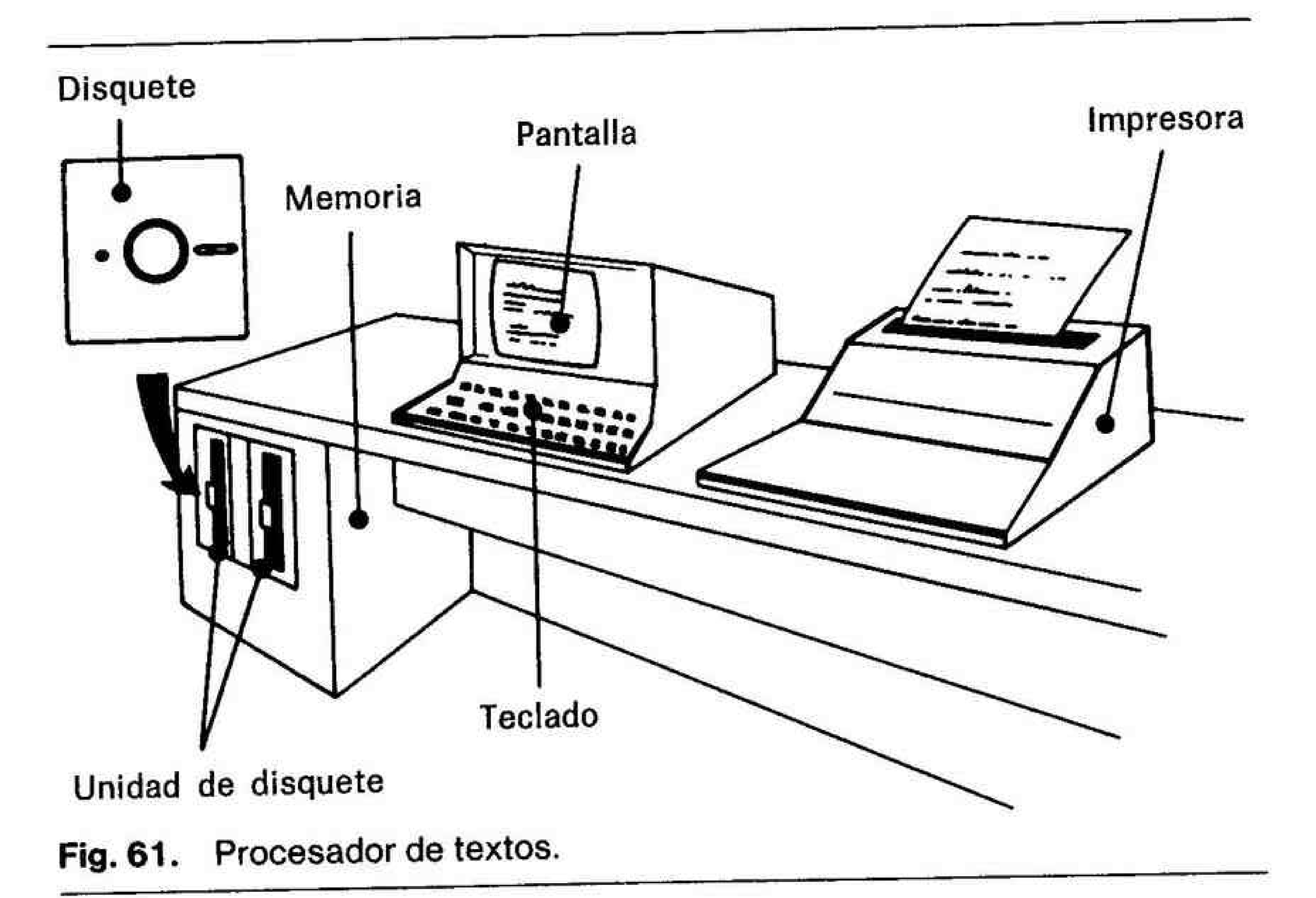


Fig. 61. Procesador de textos.

profundos efectos que tal orientación producirá en el mercado del trabajo. A ellos dedicaremos un capítulo completo (pág. 197 y ss.).

Nos ocuparemos ahora en primer lugar de las posibles técnicas.

A propósito de administración, el trabajo de oficina existe en la vida económica, pero también en los servicios públicos. En este campo, los expertos aseguran que el 40 % de todas las tareas son automatizables. Si se confirman los pronósticos emitidos por diferentes institutos de investigación económica, la automatización de la oficina estará concluida en gran parte para 1990.

La introducción de máquinas de procesamiento de textos en oficinas y escritorios, a los que también se les llama procesadores de texto o «word processors» en inglés, es determinante en esta evolución. En Estados Unidos, su volumen de ventas ha rebasado muy posiblemente los mil millones de dólares ya en 1980. Según las estimaciones, el mercado europeo debería crecer en 1987 hasta 3.300 millones de dólares.

Ventajas e inconvenientes de los procesadores de texto

Veamos las modificaciones que tales máquinas podrían provocar en el trabajo diario de la oficina. Antes, la secretaria escribía, en una ruidosa máquina de escribir mecánica, las cartas que había tomado al dictado en taquigrafía. No era raro que padeciera tendosinovitis por el esfuerzo empleado en pulsar las teclas. A comienzos de los años setenta aparecieron las primeras máquinas de escribir eléctricas, y con ellas el trabajo de oficina se hizo algo más ligero y agradable. Pero en esencia no cambiaba nada: si la secretaria olvidaba una frase, tenía que escribir otra vez toda la carta. Las teclas correctoras facilitaban las modificaciones posteriores, pero sólo hasta cierto punto.

Con los procesadores de texto, rehacer una carta es cosa de niños: el texto escrito aparece primero en la pantalla y en ella se puede corregir y redactar a voluntad, intercalar frases, eliminarlas, etc. Cuando se ha concluido la carta, una pulsación de tecla hace que se ponga en marcha una impresora automática que la pasa al papel en unos pocos segundos y con el espaciado que se desee. En casi todos los sistemas se puede elegir la modalidad de párrafos en bloque.

Las ventajas proporcionadas por los procesadores de texto se empiezan a apreciar cuando hay que escribir el mismo texto o ver-

siones muy semejantes del mismo a numerosos destinatarios. Para hacer comprensible este procedimiento, debe aclararse que un procesador de texto suele estar dotado, aparte de un teclado unido a una pantalla y de una impresora, también de una unidad de almacenamiento, organizada en general en dos unidades de diskete (figura 61).

Los disketes o discos flexibles son discos magnéticos donde se almacenan datos en forma digital (véase pág. 25). En un diskete caben de 100 a 650 páginas de máquina de escribir. La escritura de cartas en serie se lleva a cabo del modo siguiente: en un diskete están almacenados por orden el nombre, la dirección y el tratamiento de los distintos destinatarios, y en un segundo diskete aparece el texto del escrito. Procesar el texto equivale a decir que al pulsar una tecla se va tomando del primer diskete una dirección, la cual se funde con el texto de la carta en un escrito único, que se imprime después. Así es posible ir sacando cartas en serie de modo que el encabezamiento no diga "Muy señores míos", sino "Estimado señor García" o "Estimada señora Rodríguez".

Últimamente hay también procesadores de texto que tienen almacenado un diccionario correcto. Cada palabra que se escribe se compara en la memoria y las faltas de ortografía se corrigen de modo automático.

A la consecución de sistemas de información de oficina totalmente integrados

En realidad, ni siquiera haría falta imprimir la carta generada en el procesador de textos. El "teletex", uno de los nuevos medios de comunicación utilizados en oficina, ha surgido al integrar la máquina de escribir electrónica y la transmisión de datos por télex (véase pág. 85).

Por medio de un aparato auxiliar, cualquier carta puede ser enviada desde la pantalla, a través de la red mundial de télex, a cualquier corresponsal, con tal que éste disponga al menos de un número de télex: teletex y télex son compatibles. La Administración de Correos alemana estima que en 1986 habrá instalados 60.000 circuitos de abonado de teletex. La razón fundamental de este optimismo es el coste de la transmisión, bajo en términos comparativos. A través de las redes de datos recién creadas (véase pág. 108), se pueden cursar mensajes mediante teletex en menos de una 1/50 parte del tiempo requerido por el télex. Si el receptor dispone de un

circuito de teletex, la carta se estará imprimiendo exactamente igual que si el remitente se la hubiera enviado por escrito.

No obstante, no todo son ventajas en los sistemas de proceso de textos. Por desgracia, los diferentes aparatos producidos por los distintos fabricantes no son compatibles. Es cierto que el teletex soluciona este problema para la conmutación de mensajes, pero siguen existiendo otros problemas con otros fabricantes. El hecho de no ser compatibles significa que el diskete escrito en un terminal Wang da lugar a un conjunto incomprensible de caracteres si se lee en un aparato IBM. El propio autor de este libro tuvo que empezar por buscar una editorial cuyo equipamiento técnico fuera compatible con los disketes Philips donde había grabado. Los esfuerzos por desarrollar una normativa de aplicación universal han fracasado hasta el momento, al igual que sucede en el caso de las grabadoras de vídeo. Así pues, durante un cierto tiempo todavía deberemos trabajar en medio de una multitud de sistemas. En cualquier caso, dicha multiplicidad no impedirá la introducción de la oficina electrónica, sino que como mucho la retrasará.

Con sólo el proceso de textos y el teletex, nuestra oficina dista mucho aún de ser totalmente electrónica. Desde hace algunos años hay en el mercado máquinas de facsímil que permiten transmitir cartas, documentos, dibujos técnicos, etc., desde una copiadora conectada al teléfono hasta otro dispositivo semejante. A tal efecto, la muestra se va explorando línea a línea y las correspondientes señales ópticas (tonos del gris) se traducen en impulsos eléctricos y se transmiten en forma digital al receptor, donde se produce la conversión inversa. Por el momento, el número de máquinas de facsímil en la República Federal de Alemania no llegan a 10.000. Las opiniones de hasta qué punto se abrirá paso este sistema de transmisión de información están divididas, pues el telefax, nombre que también se da al facsímil, es más bien caro.

En los últimos años, facsímil y procesador de texto se han conseguido combinar de forma totalmente nueva: las multicopistas modernas trabajan con valores digitales, es decir, el proceso de reproducción de la imagen se realiza mediante la exploración punto por punto de la superficie a reproducir y la conversión de los valores de luminosidad correspondientes a una codificación binaria. Si ahora se acopla una copiadora de este tipo a un procesador de texto, se puede sacar una carta directamente por la copiadora si así se desea, en lugar de hacerla escribir en la impresora letra por letra. Un sistema de esta clase puede trabajar a una velocidad de 100 páginas por mi-

nuto y es algo más rápido que una impresora mecánica de precio comparable.

Las modernas instalaciones telefónicas ofrecen además facilidades de trabajo considerables, que se vienen aprovechando desde hace tiempo, sobre todo en las grandes empresas. El aparato telefónico totalmente electrónico se opera con facilidad mediante el teclado que lleva incorporado, pero además memoriza el número marcado y, si el abonado a quien se llama está ocupado, repite la llamada cuantas veces haga falta hasta que se establezca la comunicación. El control por ordenador de las centralitas privadas no sólo hace innecesarias en muchos casos la presencia de las telefonistas, sino que también lleva estadísticas sobre las conversaciones telefónicas de los empleados (lo que la mayoría acogerá con muy poco entusiasmo).

A la vista de estas posibilidades técnicas, es sólo cuestión de tiempo el que aparezcan en el mercado sistemas de información de oficina integrados por completo, que albergarán en una sola unidad teléfono, pantalla, teclado, impresora, memoria y circuito de télex. Quizá sea posible que los interlocutores de una conversación telefónica se vean además de oírse.

Ordenadores que oyen y hablan

En el aspecto técnico es ya factible, dentro de ciertos límites, el sueño de muchos técnicos en informática y en automatización: el desarrollo de máquinas que puedan convertir el lenguaje humano en un texto escrito, y viceversa, que transformen la información digital almacenada en impresiones acústicas comprensibles.

Consideremos en primer lugar los sistemas con salida vocal. Pueden funcionar como máquinas parlantes o como lectores automáticos. Gracias a determinados procedimientos técnicos (comprensión de la voz) hoy es posible imitar de forma aceptable una palabra con unos 1.000 bits. La mayoría de los aparatos disponibles ahora para la síntesis de la voz son máquinas parlantes. Así, hay relojes que dicen la hora u ordenadores, como la "Kurzweil Reading Machine", que leen libros en voz alta. También existen juguetes electrónicos que "saben hablar". "Karlchen" (Carlitos), el sistema de información de los ferrocarriles alemanes en Frankfurt, tiene una memoria que almacena 5.500 palabras en forma digital. Un programa de ordenador hace posible componer información completa sobre itinerarios a partir de ese léxico. El llamado sintetizador de voz lleva a cabo la

conversión a un texto audible. La modulación procedente de las cavidades faríngeas, nasales y laríngeas se simulan mediante filtros eléctricos.

Los lectores automáticos son más difíciles de lograr, porque deben "dominar" un léxico mucho mayor. A petición de la comunidad alemana de investigación se desarrolló una de estas máquinas, a la que se llamó SYNTEX. En Estados Unidos se estima que el mercado de productos para el tratamiento de la voz podría alcanzar en 1985 los mil millones de dólares.

Los sistemas de entrada de voz sirven para convertir la palabra hablada en su equivalente escrito sin necesidad de recurrir a la mecanografía. Se trata en realidad de "secretarias electrónicas". El reconocimiento de la voz sólo se ha logrado hasta el momento para un reducido vocabulario de algunos cientos de palabras y para un número limitado de voces humanas. El principal impedimento radica en la enorme capacidad de memoria que precisa un ordenador para identificar la multitud de fluctuaciones que caracterizan la voz humana.

Pero los fabricantes de pequeños ordenadores ofrecen ya dispositivos electrónicos modulados por la voz, lo que es especialmente interesante para los impedidos y disminuidos físicos, a quienes estaba vedado muchas veces hasta ahora conectar y desconectar ciertos aparatos.

Así, por ejemplo, Renault y Siemens han desarrollado un sistema que facilita la conducción de vehículos a los minusválidos: mediante órdenes verbales, el motor arranca, las puertas se abren y la bocina suena. La fiabilidad del reconocimiento de la voz llega casi al 100 %. Los fabricantes estiman que una vez que se obtenga una producción en serie el sistema costará unos 1.650 dólares.

AEG-Telefunken desarrolló un sistema acústico de recogida de datos para el sector de la electrónica recreativa. Cada usuario del sistema debe empezar por crear un "vocabulario de reconocimiento" en el cual introduce una serie de órdenes como "clasificadores". Con ello, el ordenador mide y almacena el espectro de frecuencias de cada palabra pronunciada.

Según diversas estimaciones, habrá en el mercado aparatos de voz utilizables al final de los años ochenta. Entonces podrán hacerse reservas en líneas de ferrocarriles, líneas aéreas y hoteles por la red telefónica con entrada directa a un ordenador. No obstante, hasta finales del presente siglo, según opinión del informe "Microelectrónica y Sociedad" elevado al Club de Roma, no será posible dictar

datos complejos a una máquina electrónica y obtener de esta forma un texto sin errores, incluidos los signos de puntuación.

Mientras que los investigadores norteamericanos y japoneses se concentran ahora en el desarrollo de dispositivos de entrada de voz, los centros de desarrollo europeos se ocupan también en la posibilidad de efectuar traducciones electrónicas con ayuda de aparatos de reconocimiento de la voz que tengan acceso a diccionarios memorizados y dispongan de programas adecuados para efectuar la traducción. Con cada nuevo país miembro que se une a la Comunidad Económica Europea se hace más cara la traducción de conferencias, actas de reuniones, normas, etc. Por esta razón, la Comunidad Europea está muy interesada en promover trabajos de desarrollo que hagan posible un sistema de traducción por ordenador o al menos ayudado por éste. El sistema de traducción del Sarre, Susy, acaso pueda ser un día el intérprete principal en la Comunidad Europea. Basta un sencillo ejemplo para poner de relieve los problemas de tales sistemas de traducción automática. A un ordenador de este tipo se le planteó la frase: "el espíritu está dispuesto, pero la carne es débil" para que la tradujera del inglés al ruso y después la vertiera de nuevo al inglés. Su respuesta fue: "el vodka es fuerte, pero el asado está podrido". Por lo tanto, la traducción literal de una frase, palabra por palabra, dará lugar a menudo a un texto absurdo, y por otra parte resultaría muy costoso, además de no ser factible, almacenar en un ordenador todos los sutiles matices expresivos del lenguaje.

6. LA MICROELECTRÓNICA EN LAS TRANSACCIONES

Nuestra sociedad lleva camino de convertirse en una sociedad sin dinero en efectivo. Ingentes cantidades de dinero circulan a diario, en forma de bits, de unos bancos a otros. La mayor red de ordenadores del mundo dedicada al tráfico internacional de dinero, SWIFT (Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications) y a la que pertenecen en la actualidad unos 1.000 bancos situados en 43 Estados, atiende al año 100 millones de transacciones. El trabajo de cálculo necesario para ello se realiza en tres centros de ordenadores, instalados en Bélgica, Holanda y Estados Unidos. A medida que hay más bancos e instituciones de crédito que pasan a efectuar transferencias sin dinero efectivo, la compañía norteamericana Burroughs Corporation, fabricante de los ordenadores, amplía la capa-

cidad del sistema a escala considerable, si bien éste no empezó a funcionar sino hasta hace 6 años. Quizá en 1985 entre en servicio el SWIFT II.

Pero la escalada de pagos por ordenador en lugar de papeles no está protagonizada sólo por los bancos: casi todas las grandes compañías, y también las pequeñas y medianas empresas, efectúan cada vez en mayor medida el pago de sus salarios por medio del proceso de datos. La entrega semanal del sobre con la paga será pronto una imagen más del pasado. Hay una tercera actividad de transferencia que sólo en parte funciona sin dinero en efectivo: la entrega automática de dinero (telebanco). Muchos bancos e instituciones de crédito ofrecen estos nuevos servicios a sus clientes, quienes pueden extraer dinero en ventanillas especiales de forma automática a cualquier hora del día y de la noche, siempre que introduzcan una tarjeta de telebanco y marquen la contraseña correspondiente en forma de un código de varias cifras.

Una cuarta variante se está abriendo paso en la República Federal de Alemania: el encargo de bienes por videotex con el siguiente pago de su precio. En Norteamérica, esta forma de compra desde la televisión doméstica está a la orden del día desde hace tiempo. No es de extrañar que también aquí pierda sentido el llevar dinero: supermercados y tiendas admiten cada vez en mayor medida tarjetas de cheques por medio de las cuales se inicia la transferencia de la cantidad a pagar desde la cuenta del comprador a la de la empresa vendedora.

Chips en los automóviles

También en los automóviles se abre camino la microelectrónica. La industria del automóvil equipa cada vez un mayor número de pastillas electrónicas en sus nuevos modelos. Por una parte asumen funciones de seguridad, como es el caso de los microprocesadores que garantizan la frenada sin derrape en los sistemas antibloqueo. Por otra, hacen posible una conducción con un consumo mínimo, puesto que indican en un visualizador digital el consumo de combustible o ajustan éste al valor óptimo con sólo pulsar un botón. El automóvil del futuro irá equipado en serie con un dispositivo de información al conductor que no sólo indicará la velocidad y la carga del depósito, sino que también contestará a preguntas como éstas: "¿Cuántos kilómetros puedo recorrer hasta que se acabe el combustible?", "¿cuándo llegaré a mi destino si sigo conduciendo a la

misma velocidad que ahora?". El ordenador gobernará el encendido, la recuperación de gases de escape, la temperatura del interior del vehículo o el sistema antirrobo. La última innovación en este sentido es el ordenador parlante, el cual advierte al conductor de detalles concretos, como el mal cierre de una de las puertas del coche o de problemas en el líquido refrigerante. Acaso haya también algún día equipos automáticos que no permitan el arranque del vehículo si el conductor ha bebido más de la cuenta.

Los ordenadores podrán hacer innecesarios muchos trabajos de reparación. En BMW se estima que a partir de 1986 sólo serán necesarias un 40 % de las intervenciones actuales de mantenimiento. Excepto el cambio de aceite, no habrá necesidad de hacer revisiones más que cada 50.000 kilómetros. Para alcanzar este objetivo, las piezas del vehículo que sufren desgaste irán equipadas con detectores que suministren datos en todo momento al ordenador de mantenimiento del automóvil, sistema que no sólo hará posible el diagnóstico de los fallos, sino que avisará de las reparaciones a efectuar antes que se produzcan daños. No sólo los vehículos incorporarán componentes microelectrónicos. Varias empresas han desarrollado ya dispositivos de mando totalmente electrónicos que evalúan y regulan el tráfico y conmutan al verde las señales de tráfico cuando es menester en función de la afluencia de vehículos, y otros que mantienen actualizada la situación de los vehículos de auxilio para poderlos dirigir por el camino más breve al lugar de un nuevo accidente.

Los controvertidos pilotos automáticos

También en el tráfico aéreo cobra especial significado la técnica informática. Navegante y piloto dependen por igual de microprocesadores, dependencia que en ciertos casos puede ser fatal, como el accidente acaecido en Nairobi, donde se estrelló un Jumbo de la Lufthansa porque, en contra de las indicaciones luminosas de la cabina, no subieron las trampillas de las alas. Por cómodo que pueda parecer que el capitán de vuelo repose placenteramente mientras el piloto automático se hace cargo de todas las tareas de gobierno de la nave, los pilotos no están contentos, ni mucho menos, con los nuevos sistemas. Algunos se quejan de programas de ordenador defectuosos: la electrónica de los Boeing 737-200, por ejemplo, mide la fuerza del viento y calcula a partir de ella cuándo debe empezar el vuelo descendente para efectuar el aterrizaje, cálculo que a veces resulta ser erróneo. El ordenador supone que más abajo el viento sopla con igual fuerza que a la altura normal de vuelo, uniformidad de viento que no existe. Otros sospechan que en las condiciones climáticas extremas de los vuelos de largo recorrido (50 grados centígrados bajo cero, radiación cósmica más intensa, etc.), los procesadores con que se equipan los modernos aviones son más susceptibles de sufrir averías.

Como consecuencia, aumentan los fenómenos fantasma, fallos técnicos tan inexplicables que no existe ningún método de emergencia que los subsane.

Por otro lado, en las propias oficinas de viajes se acaban ya los tiempos en que el empleado tenía que consultar laboriosamente horarios de vuelos, folletos de itinerarios y prospectos y a continuación llamar por teléfono para saber si el próximo vuelo para Los Ángeles estaba ya completo. Unas mil oficinas de viajes están enlazadas ahora, a través del sistema de ordenadores "START", con los centros de proceso de datos de los ferrocarriles alemanes, con Lufthansa y con la Unión Turística Internacional. En la pantalla aparecen no sólo datos informativos, sino que también las reservas de viajes a más de seiscientos destinos en los principales países se efectúan por medio de terminales. En un plazo previsible, tales tareas podrán llevarse a cabo también, al menos en parte, a través del aparato particular de videotex. Pero ¿qué ocurrirá en el caso de que el centro de mando de START o de SWIFT sufriera una avería o quedara inutilizado como consecuencia de un atentado terrorista? Esta cuestión se elude sistemáticamente, tanto en las referencias de los expertos como en el debate público. En la página 255 volveremos sobre esta cuestión.

7. ROBOTS Y FÁBRICAS AUTOMATIZADAS

En el origen de la primera revolución industrial del siglo XIX estuvo la máquina de vapor, que permitió sustituir la fuerza muscular humana y animal por el trabajo de una máquina que obtenía su energía de la combustión de sustancias sólidas o líquidas. En el origen de la revolución industrial, de la que es directamente deudora nuestra sociedad actual, estuvieron el transistor y el circuito integrado. En la actualidad, se tiende a la sustitución de las prestaciones del sistema nervioso humano, mediante los procesos de mecaniza-

ción y de automatización. Ambos pretenden, en el fondo, realizar tareas humanas mediante máquinas adecuadas y dar paso a nuevos productos que superan al hombre en eficiencia y capacidad dentro de un determinado ámbito. Así como la locomotora de vapor era capaz de transportar mercancías en una cantidad y a una velocidad que los hombres no podían desarrollar por sus propios medios, la calculadora de bolsillo efectúa multiplicaciones complejas con más rapidez que el cerebro humano, y el teléfono permite entenderse con personas situadas más allá del alcance de la voz humana. Mientras que la revolución industrial necesitaba sobre todo materias primas y energía como factores de producción, en el momento actual aparece la información como factor determinante de la revolución microelectrónica.

Los efectos de la mecanización han sido especialmente notables en la agricultura. A comienzos del siglo XIX, el 70 % de la población estaba ocupada todavía en la producción de medios de subsistencia, mientras que ahora la mano de obra agrícola representa sólo un 6 % de la población centroeuropea. Quien viaje por los amplios y fructíferos valles de California puede atravesar durante horas plantaciones de frutales sin encontrar una sola persona trabajando en ellos. De modo análogo, también en la fabricación industrial se logró sustituir el trabajo humano por máquinas. Mucho antes de dar comienzo la era de la microelectrónica, se alcanzó un alto grado de racionalización en este terreno. Así, por ejemplo, en las refinerías de petróleo hace ya tiempo que el control automático de los procesos continuos, sean químicos o físicos, a que se someten el petróleo y sus derivados ha sustituido a la vigilancia humana: el control de la temperatura de una caldera en la cabecera de una columna de destilación es también posible por medios mecánicos o electromecánicos. Emplear componentes microelectrónicos en estas operaciones no exige más que un progreso gradual de adaptación, y lo mismo puede decirse de los sectores químico y farmacéutico, del tratamiento de los alimentos y de la preparación de materias primas.

De las máquinas-herramientas de control numérico a los autómatas inteligentes

Sería sorprendente que en la producción industrial no hubiera también novedades revolucionarias derivadas de la microelectrónica. Entre las conquistas más espectaculares de los últimos años se cuenta el desarrollo de la robótica industrial, sobre todo en Japón.

El escritor checo Karel Capek fue el primero que utilizó, en 1920, el término “robot”, derivado de la palabra checa correspondiente que significa “trabajador”. Los robots de Capek eran humanoides fabricados por un procedimiento secreto que, si bien se comportaban como criaturas inteligentes, carecían de todo sentimiento. Su misión era, lo mismo que ahora, sustituir el trabajo humano. Generaciones de autores de ciencia-ficción se han servido en sus creaciones de estos hombres-máquina y las novelas futuristas profetizan la toma absoluta del poder por estas máquinas salidas de las manos del hombre.

Al contrario que las concepciones literarias anteriormente expuestas, los robots industriales existentes son más bien decepcionantes. Si nos atenemos a las definiciones usuales, los robots son máquinas automáticas móviles de uso universal con varios ejes. Sus movimientos pueden programarse sin intervención mecánica y a menudo se pueden gobernar por medio de los correspondientes detectores (sensores). Suelen estar dotados de herramientas prensiles o de otros medios auxiliares para la fabricación. La diferencia entre simples máquinas automáticas y robots es que las primeras no pueden tratar más que una pieza, mientras que los robots son programables por control numérico para obtener productos distintos. La programación de los movimientos de dichas máquinas se lleva a cabo mediante información digital almacenada con ayuda de un microordenador. Los programas correspondientes se formulan sobre la base de cursos de movimientos que condicionan la aplicación técnica a la creación de determinados objetos y se codifican en un lenguaje de programación adecuado. Los robots más modernos poseen ya calculadores incorporados en la máquina-herramienta, que se programan por medio de un dispositivo manual auxiliar. De esta forma, el robot puede “aprender” directamente los distintos cursos de movimientos.

Los robots y el mando microelectrónico allanan el camino hacia la creación de fábricas no atendidas por el hombre. En el informe “Microelectrónica y Sociedad”, dirigido al Club de Roma, éstas se describen así: «Se trata de fábricas totalmente automáticas, que pueden obtener pequeñas series de productos diferentes en una misma máquina. Una serie de máquinas-herramientas de control numérico dispuestas en fila son provistas de materia prima por robots y gobernadas por microordenadores, conectados a su vez a un ordenador central responsable de regular el ritmo de producción y de efectuar los aprovisionamientos. Los controles de calidad y los

trabajos rutinarios de reparación son realizados por robots. Cualquier avería puede ser resuelta por el ordenador central, que reorganiza el esquema de tiempos de la producción. El ordenador principal puede estar enlazado con otro ordenador que contiene los planos detallados de construcción gracias a la técnica del diseño soportado por ordenador.» Estas plantas de fabricación podrían adquirir importancia entrada ya la década de los noventa. La introducción de procesos productivos con el empleo de microprocesadores no ha hecho más que empezar. De todos modos, existen ya en el mundo más de 20.000 robots verdaderos, cifra que varía según los diversos autores debido a los criterios subjetivos que establecen la distinción entre robots y simples máquinas automáticas. Los primeros robots fueron lanzados al mercado por la empresa norteamericana Unimation a comienzos de los años sesenta.

Al principio constaban de brazos y manos mecánicos, que se movían gobernados por ordenador y eran capaces de ensamblar piezas de máquinas. Su ulterior desarrollo condujo a los robots dotados de sensores. Con ayuda de cámaras de televisión, los llamados robots inteligentes pueden incluso "ver" y, por tanto, transferir información que realimente la unidad de control, la cual reacciona ante ella dando las órdenes correspondientes.

¿Qué trabajos ejecutan los robots en las fábricas? Su aplicación más conocida es la de fabricación de automóviles: montaje de carrocerías y de motores, que apenas precisa la intervención humana, pero también son empleados en el montaje final y en la pintura. Los robots, como símbolo de una alta automatización, han permitido a la industria del automóvil japonesa conquistar el primer puesto entre los productores mundiales. Pero también en la industria europea del automóvil hace tiempo que se emplean los robots. En las plantas de la Volkswagen en Wolfsburg se ha puesto en marcha un programa de inversiones de 350 millones de dólares para dar un gran salto adelante hacia la automatización total de la fábrica. Pero Japón es, a gran distancia, el mayor productor mundial de robots, y probablemente lo seguirá siendo durante mucho tiempo aún. La empresa nipona Fanuc abrió en 1981 la primera fábrica casi totalmente automatizada al pie de la montaña sagrada Fuji, en la cual un gran número de robots fabrican otros robots.

En la República Federal de Alemania los fabricantes están aplicando en los años ochenta la técnica de montaje y manipulación. En 1982 lograron unos ingresos de 600 millones de dólares (los robots industriales suponen el 10 % de esa cantidad). Hasta 1985 se

esperaban unas ventas de 1.000 millones de dólares, pero este crecimiento no compensará la ventaja de los japoneses. En 1982 se estaban empleando en Japón 12.000 robots industriales, mientras que en Europa Occidental y Estados Unidos el número de los mismos era de 9.000.

Uno de los obstáculos para el empleo de robots es el hecho de que no sean rentables para una fabricación inferior a 1.000 unidades. Pero el descenso de costes de los componentes microelectrónicos apartará pronto ese obstáculo del camino. Si el precio de los robots bajara de los 34.000 dólares actuales a los 6.500, su producción en Estados Unidos alcanzaría las 200.000 unidades hasta 1990. Según Joe Engelberger, "padre de los robots" y fundador de la empresa Unimation, «en el futuro tendremos robots igual que las damas finas tienen sombreros». En contra de ello actúa la postura conservadora de muchos directores, que prefieren adaptar el robot al proceso de producción tradicional que reestructurar dicho proceso de modo que el robot pueda utilizarse en condiciones óptimas. Además, la producción industrial exige, en general, unas inversiones tan grandes en aparatos que no resulta fácil reorganizar un proceso de fabricación cada tres años.

Si se une la capacidad de los robots con las posibilidades de la telecomunicación, también los trabajos peligrosos, como el proceso de extracción minera, podrán ser realizados en el futuro por las máquinas. Los mineros serán sustituidos por especialistas que, sentados en salas acondicionadas y delante de unas pantallas, gobernarán a distancia la extracción del mineral por medio de máquinas. Lo mismo ocurrirá en el caso de los reactores nucleares, de modo que los robots sustituyan al hombre allí donde la radiactividad ponga en peligro la vida humana.

Robots domésticos

La empresa californiana Androbot planifica con visión de futuro y construye ya el primer "robot personal". El BOB (Brains on board) no es así capaz de coger una botella de cerveza de la nevera, pero sí sabe ya limpiar el polvo de la casa. El fundador de la empresa no es otro que Nolan Bushnell, a quien ya hemos conocido en la página 157 como uno de los padres de los videojuegos, extendidos hoy en día por todo el mundo. El ya cuarentón multimillonario piensa promover una invasión similar a la conseguida con los videojuegos lanzando al mercado sus robots personales, que en la actua-

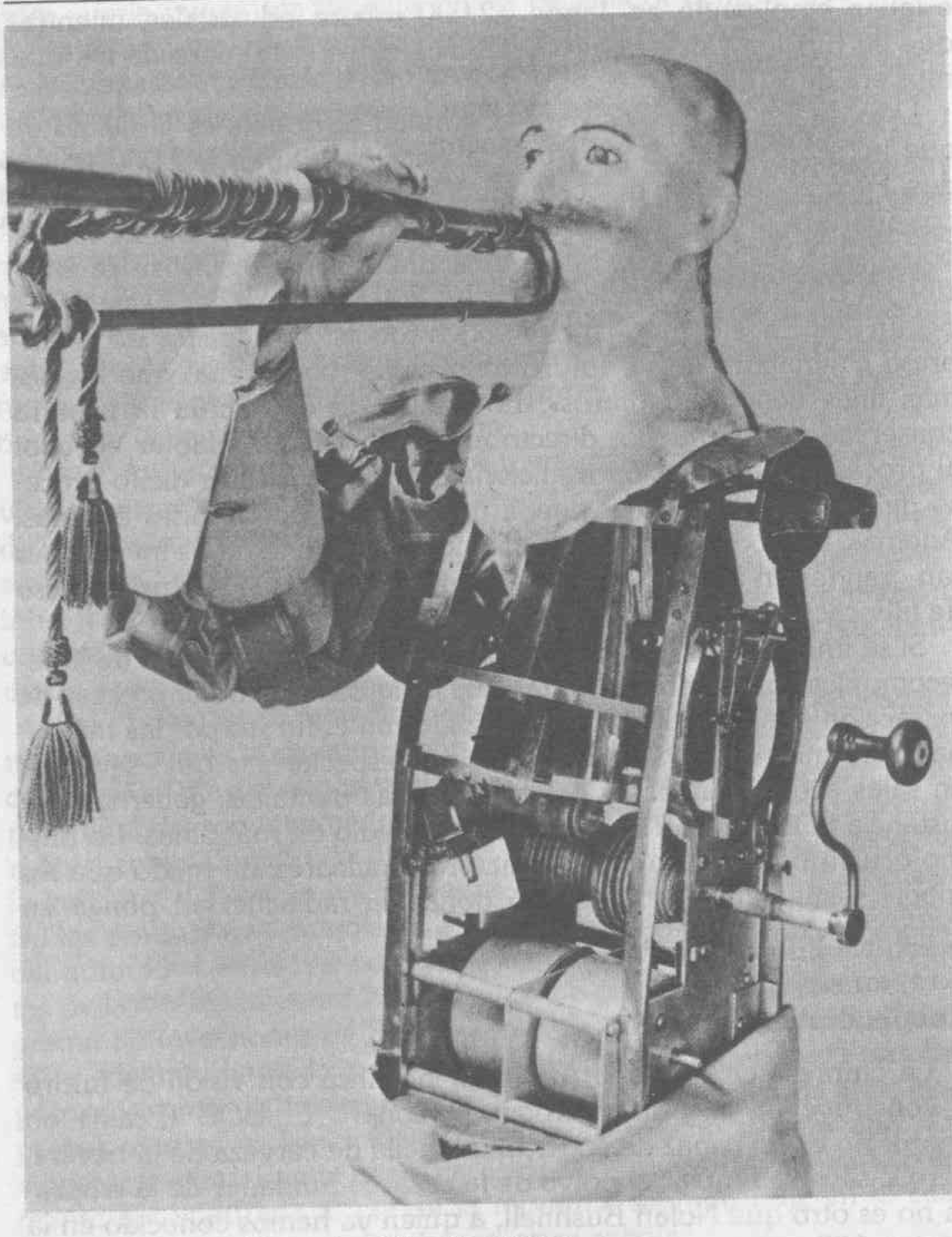


Fig. 62. Trompetista automático de 1810 y...

Fig. 63. ...un robot de los años ochenta.

lidad cuestan de 650 a 1.300 dólares. En el otoño de 1983 se podían encontrar ya en muchas tiendas de Estados Unidos robots domésticos sencillos, dotados de ruedas, que podían transportar objetos ligeros.

Por último, volvamos a los robots en la industria. Para su aplicación se dan razones de racionalización y de humanización, sobre todo. Respecto de la cuestión de en qué medida los robots eliminan trabajo humano, las opiniones están divididas (véase pág. 197). El hecho de que en la República Federal de Alemania se estén empleando unos 3.500 robots no es motivo de una especial preocupación. Aun cuando un robot elimine varios puestos de trabajo, el problema apenas tiene importancia visto en su conjunto. Así y todo, los sindicatos japoneses, que hasta ahora habían abogado por el empleo de máquinas automáticas en la fabricación, han empezado a mostrarse críticos sobre la conveniencia de continuar esta política de racionalización. La consecuencia de ello es que tampoco es ya incuestionable el segundo aspecto del empleo de robots, que es la humanización. En un principio prevaleció la opinión de que el empleo de robots era ventajoso porque gracias a ellos no tenían que realizar los hombres el monótono trabajo en cadena ni una serie de actividades que presentaban alto riesgo para la salud. Pero en muchos casos se está demostrando que, a pesar de todo, existen aún suficientes "trabajos sucios" que los robots no pueden desempeñar. Las encuestas al respecto entre trabajadores de fábricas automatizadas dieron como resultado que la nueva técnica de producción eleva la tensión nerviosa de los empleados: el proceso de fabricación transcurre entonces al dictado del ordenador y ya no se pueden elegir pausas para tomar un respiro. Un factor importante de descontento por parte de muchos trabajadores puede ser también de origen psicológico, al tener éstos la sensación de "estar de sobra".

8. GRÁFICOS POR ORDENADOR

La descripción de los procesos de producción automatizada quedaría incompleta si no se mencionase el tratamiento gráfico de datos, conocido con las siglas CAD ("Computer Aided Design", diseño con ayuda de ordenador) y CAM ("Computer Aided Manufacturing", fabricación con ayuda de ordenador). CAD responde al intento de utilizar también el ordenador para el diseño, la construcción y la representación visual de objetos. La empresa de aviones norteamericana McDonnell Douglas, por ejemplo, emplea desde hace años procedimientos CAD para simular cursos de movimientos de aeronaves y para realizar cálculos de estática. Ya no puede concebirse una sección de desarrollo en la fabricación de aviones o de automóviles sin CAD. Según las estimaciones, sólo las ventas norteamericanas en el sector de CAD hasta 1987 ascenderán a casi 13.000 millones de dólares. Si se piensa que en la construcción de nuevas máquinas aproximadamente un 30 % del tiempo total del trabajo de ingeniería de diseño se emplea en actividades que pueden simplificarse en gran medida mediante el tratamiento gráfico de los datos, quedará claro el potencial que encierra esta nueva técnica.

Al principio se entendía por tratamiento gráfico de datos únicamente la creación de representaciones esquemáticas, como curvas, diagramas de barras y dibujos de organización, por medio de ordenadores. Hoy en día, esta actividad se denomina "gráficos por ordenador", y se distingue del "tratamiento de imágenes" y del "reconocimiento de modelos". En los gráficos por ordenador se suelen introducir datos que luego salen representados en la pantalla, mientras que en el reconocimiento de modelos ocurre a la inversa: se analiza el dibujo introducido y se calculan los datos correspondientes. Así se hace, por ejemplo, en el reconocimiento de piezas en la fabricación. En el tratamiento de imágenes se introduce un esquema, pero éste se modifica a propósito para generar un nuevo dibujo. De este modo, por ejemplo, se elaboran mapas a partir de fotografías aéreas.

En electrónica, el CAD se utiliza para la creación de planos de cableado, en el diseño de circuitos integrados y en la construcción de máquinas eléctricas. Los arquitectos usan ordenadores para realizar dibujos en perspectiva, planos de viviendas y cálculos de estática. En la construcción de máquinas, el tratamiento gráfico de datos soluciona cuestiones con el diseño de carrocerías y el corte óptimo de la chapa. Los economistas lo aplican al análisis de tendencias, a la representación de procesos comerciales y en la técnica de programación y revisión de redes (PERT).

También en el caso de los ordenadores domésticos existen ya programas de gráficos para la representación visual, por ejemplo de estadísticas económicas, al coste aproximado de 165 dólares.

El tratamiento gráfico de datos se adapta también con ventaja a la simulación de procesos. Simular significa imitar situaciones y evoluciones mediante la introducción y modificación de parámetros.

Así, hay programas sencillos de simulación que presentan en la pantalla una tabla en que el usuario puede introducir una serie de datos, como precios de compra y de venta, valor de las ventas, beneficios y costes, etc. El ordenador los relaciona mediante fórmulas programadas de antemano y establece totales para la comparación. A un directivo le resulta luego fácil descubrir, por ejemplo, cómo se modificaría el margen comercial con la elevación del precio de venta o cómo evolucionaría el beneficio con la adquisición de una nueva máquina.

En los aparatos modernos para el tratamiento gráfico de datos éstos no se introducen sólo por teclado, sino que disponen de un lápiz luminoso, cuya apariencia es la de un bolígrafo, conectado al terminal mediante un cable y con el cual se puede dibujar directamente en la pantalla. Es de esperar que esta técnica llegue a aplicarse también al videotex en un plazo no muy largo de tiempo: en lugar de pulsar una tecla para seleccionar una entre tres variantes presentadas en pantalla, será posible señalar en ésta con un puntero la variante deseada.

El CAM se basa, para la preparación y la fabricación, en el aprovechamiento de todos los detalles de los proyectos y dibujos técnicos de un componente que se almacenó previamente en el ordenador mediante el tratamiento gráfico de datos. La combinación de CAD y CAM permite, pues, tanto la documentación automática como el gobierno automático del proceso de fabricación. El CAM no es equivalente, por tanto, a la "fábrica automática", sino que sirve para la adopción del programa de trabajo en las máquinas de control numérico a partir de los detalles comunicados en el proyecto.

Las posibilidades de empleo de los gráficos por ordenador trascienden la planificación y fabricación industriales. Cada vez es más frecuente la creación de películas de dibujos animados con ayuda del tratamiento gráfico de datos. George Lukas, productor de la conocida película *La guerra de las galaxias*, realizó ésta en una oficina cercana a San Francisco. En un laboratorio informático de esta ciudad se reunieron algunos de los mejores expertos en tratamiento gráfico de datos de Estados Unidos y crearon allí dibujos, ciudades y paisajes inexistentes en la realidad. La película informatizada es un perfeccionamiento lógico del tratamiento gráfico de datos. Una vez creadas imágenes fijas con ayuda de programas especiales de ordenador, el paso siguiente consiste en simular los movimientos mediante la adecuada modificación de los distintos parámetros. La importancia de este procedimiento en la producción de películas de dibujos animados es evidente: mientras en las películas antiguas había que hacer a mano 25 dibujos como mínimo por cada segundo de película, con cambios insignificantes en cada uno de ellos; ahora es suficiente dibujar unos pocos cuadros en la secuencia precisa. El ordenador se encarga de crear las posiciones intermedias que simulan el movimiento.

La televisión norteamericana utiliza también profusamente los gráficos por ordenador en publicidad. En la actualidad pueden componerse ya por ordenador simulaciones de movimientos muy reales a un precio mejor que los anuncios realizados según los métodos tradicionales.

La representación de imágenes en movimiento no sólo es posible en el plano bidimensional, sino también en relieve. Por desgracia, todavía se necesitan, aun en los mayores sistemas informáticos, varios minutos de tiempo de cálculo por cada imagen. De aquí resulta que, por razones comerciales, no es factible por el momento una simulación al cien por cien del movimiento real. También la representación visual de imágenes tridimensionales constituye aún un problema técnico, si se prescinde de ilusiones ópticas como en las llamadas postales 3-D. Rüdiger Hartwig, de la Universidad de Heidelberg, desarrolló un método de representación tridimensional verdadera, donde se renuncia a la pantalla y a los cañones electrónicos. En lugar de ello utiliza un rayo láser que incide sobre una lámina de plástico en forma de espiral que gira sobre sí misma con una velocidad de giro de unas 50 revoluciones por segundo y que resulta invisible para el observador. La incidencia del rayo láser sobre la superficie del plástico genera un punto luminoso visible. Mediante este dispositivo, el punto luminoso no sólo puede ser deflectado en dos dimensiones, como en las pantallas normales, sino también en profundidad, dependiendo de la posición de la hélice.

Del diseño a la publicidad pasando por la fabricación: en todos los campos que hemos examinado ha aportado novedades la microelectrónica. Si bien este panorama no es ni mucho menos completo, da una idea de la variedad de las aplicaciones de aquélla, variedad que resulta fascinante, pero que modifica en tantos aspectos la estructura de la vida económica actual que en el futuro, al menos en los países basados en sistemas de libre empresa, sólo sobrevivirán aquellas que sean capaces de adaptarse a las condiciones cambiantes del mercado y las que procuren, con innovaciones permanentes, ir siempre por delante de la competencia.

9. LA MICROELECTRÓNICA EN LA CIENCIA Y EN EL ARTE

Muchas disciplinas científicas han conseguido avances notables en general gracias a las conquistas de la microelectrónica, como es el caso de la predicción de la reactividad de nuevas estructuras moleculares por medio de ordenador. Pero en todos los campos de la ciencia los chips han conseguido mejorar aparatos ya existentes, hacerlos más precisos o más manejables o abrir caminos a nuevas prestaciones, como sucede con el cálculo estadístico automático a partir de los resultados experimentales de un aparato de análisis.

Algo similar ocurre con el arte. Los gráficos con ordenador y la música electrónica son herramientas completamente nuevas para el artista del último tercio del siglo XX. Pero también la actividad cultural tradicional depende cada vez más de la electrónica moderna: consideremos solamente el alto grado de dependencia de la actividad operística y concertística actual con el sector de los discos y con las transmisiones radiofónicas y televisivas. La microelectrónica ha penetrado además en otros campos, como por ejemplo en la técnica escénica, sin que el espectador de teatro lo haya advertido. En los apartados siguientes analizaremos algunos ejemplos representativos de la variedad de aplicaciones ya conseguidas.

Autoanalizadores, tomógrafos y ordenadores de diagnóstico

Consideremos en primer lugar las aplicaciones científicas. La física teórica y la química son ya impensables sin el soporte de rápidos ordenadores. En todas las grandes universidades existen gigantescos centros de cálculo: el químico calcula allí estructuras moleculares tridimensionales, el epidemiólogo investiga la relación entre infarto cardiaco y determinados factores nutritivos mediante su comparación en grandes colectivos de población, el psicólogo analiza por ordenador los electroencefalogramas y el físico de altas energías predice las propiedades de nuevas partículas elementales.

También el laboratorio del químico está repleto de microprocesadores: balanzas de indicación digital, cromatógrafos de gas con dispositivo de medida controlado por ordenador y análisis automático de las señales medidas, los denominados autoanalizadores, aparatos de análisis automático que realizan en los laboratorios químicos la determinación simultánea de varios parámetros en las muestras de sangre... la enumeración puede prolongarse cuanto se quiera.

Acerquémonos algo más a la ciencia médica. Casi todos los métodos de diagnóstico modernos se sirven de medios electrónicos. El desarrollo más espectacular se ha plasmado en un coloso llamado tomógrafo con ordenador, aparato imprescindible en la actualidad para cualquier clínica avanzada. Hay en todo el mundo unos 3.000 tomógrafos de esta clase en servicio y más de 30.000 pacientes son radiografiados desde todos los ángulos cada día con este aparato de rayos X electrónico perfeccionado. Aparte de que el beneficio de la detección del cáncer y de otras enfermedades en un estadio más temprano es difícil de cuantificar en términos financieros, la tomografía con ordenador representa también desde el punto de vista médico una revolución en el diagnóstico. Sus precursores, los aparatos de rayos X, sólo podían distinguir con suficiente contraste entre los tejidos óseos y el aire, mientras que los demás tejidos, la grasa y el agua aparecían siempre difusos en la imagen radiográfica. La causa de ello es que la diferencia de absorción de los rayos X entre las distintas clases de tejidos es tan escasa que no se pueden resol-

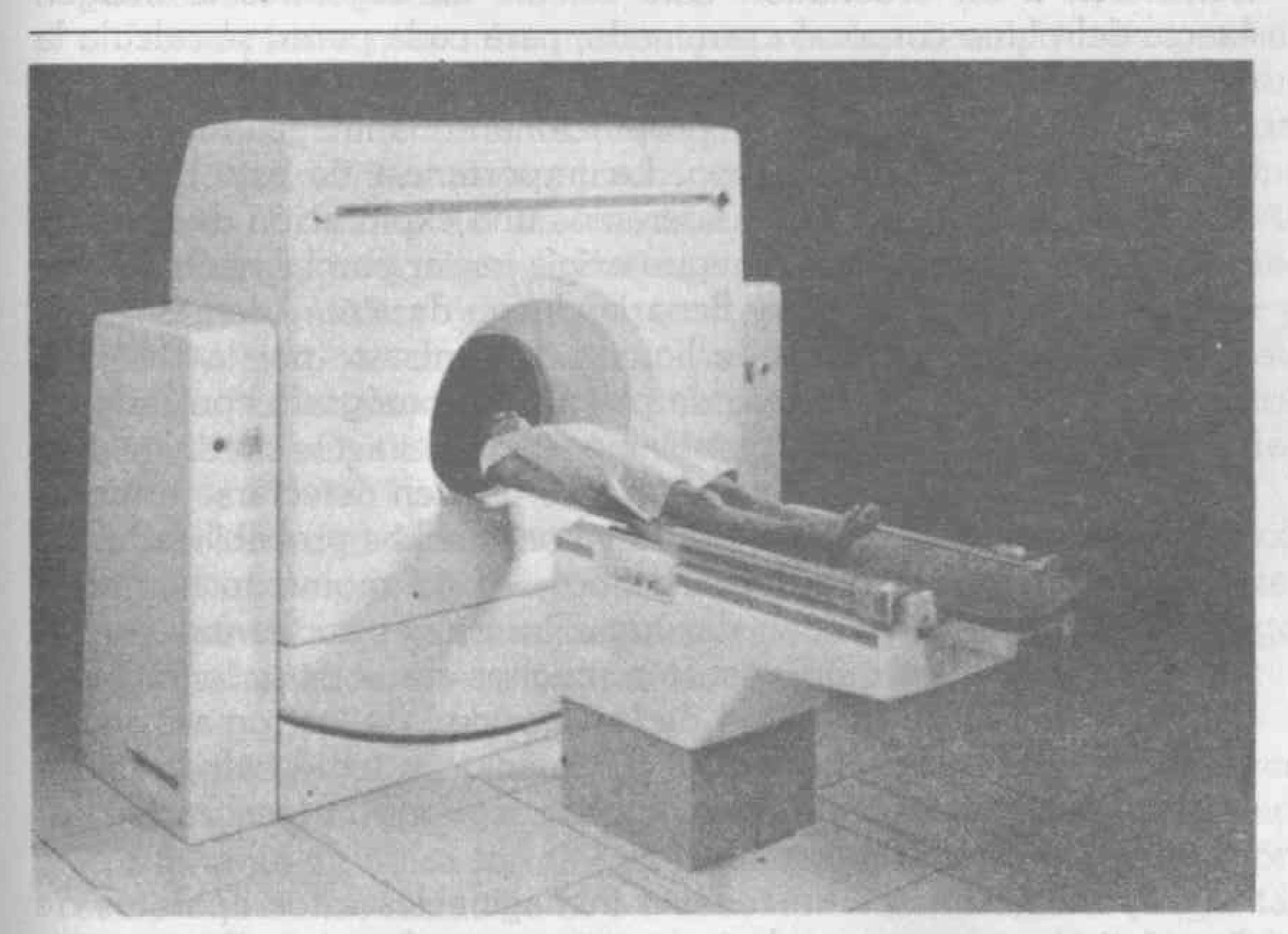


Fig. 64. Tomografía con ordenador.

ver en una radiografía. Las alteraciones histológicas, y entre ellas los tumores, eran hasta hace poco tiempo indetectables para el radiólogo. Además, en una radiografía clásica, de pulmón por ejemplo, se proyectaban unos sobre otros la espalda, los pulmones, la columna vertebral y el corazón, y en consecuencia las alteraciones menores solían aparecer confusas.

El nuevo "scanner", denominación anglosajona del aparato, no efectúa una toma única de la parte del cuerpo a observar, ya sea ésta la cabeza, la caja torácica o la región abdominal, sino que trabaja según el principio del corte de secciones. En cada toma se limita a una sección transversal delgada y en forma de rodaja, pero no la examina una sola vez, sino en orden sucesivo desde todos los ángulos.

Concretando: la fuente radiante del tomógrafo gira alrededor del cuerpo y enfoca cada vez una capa delgada. En el lado opuesto hay detectores que registran la cantidad de radiación absorbida por el tejido irradiado. Mientras se efectúa una rotación completa alrededor del cuerpo se logran así numerosas mediciones parciales que se transfieren a un ordenador. Éste calcula en segundos la imagen exacta del plano corporal examinado; para cada punto se calcula la densidad verdadera. Estos resultados los convierte después en distintas tonalidades de gris, que proporcionan una imagen nítida y fiel del interior de nuestro cuerpo. La importancia de este descubrimiento puede juzgarse si consideramos una exploración de cerebro: el diagnóstico por rayos X antiguo exigía vaciar parcialmente las zonas cerebrales con líquido y llenarlas luego de aire. Además, había que inyectar cien mililitros de líquido de contraste por la carótida, medida dolorosa y no exenta de peligro. El tomógrafo con ordenador logra resultados incomparablemente más exactos sin dolor y en pocos segundos. Con su auxilio no sólo pueden detectarse tumores cerebrales en un estadio temprano y con muchas probabilidades de curación; también se pueden reconocer en un momento hemorragias cerebrales que puedan dar lugar a lesiones accidentales y ser tratadas por medios quirúrgicos en muchos casos. Si se lograra aumentar el orden de magnitud de la velocidad de las tomas, podría obtenerse una nueva aplicación: por medio de tomógrafos rápidos se podrían determinar en fracciones de segundo la localización espacial y la evolución de un infarto.

Hace veinte años eran todavía inimaginables estos aparatos de diagnóstico, que a pesar de todo siguen siendo caros (hasta unos 350.000 dólares). Ya al principio de los años setenta, un neurólogo

norteamericano había demostrado, con un prototipo sencillo, todo lo que un tomógrafo conectado a un ordenador podría realizar. La reacción de entonces fue desconsoladora: los radiólogos se indignaron con la "broma". Los fabricantes de aparatos de rayos X ignoraron al investigador una vez que hubieron calculado que uno de esos aparatos costaría aproximadamente más de 165.000 dólares. En 1979, un empleado de EMI obtuvo el premio Nobel de medicina por el desarrollo de la tomografía con ordenador.

Quien examine, aunque sea someramente, una unidad de vigilancia intensiva se convencerá de que el tratamiento actual de las enfermedades no puede prescindir tampoco de la microelectrónica. Electrocardiógrafos controlados por ordenador vigilan día y noche la actividad cardiaca de pacientes inconscientes y avisan de inmediato sobre cualquier anomalía que se produzca haciendo sonar un dispositivo de alarma en la habitación del médico o de la enfermera. Numerosas funciones corporales pueden vigilarse así de forma continua, lo que supone un avance fundamental si se considera que en la lucha diaria de los médicos entre la vida y la muerte los segundos pueden ser decisivos.

No se piense ni mucho menos que, con las descripciones que hemos hecho, se ha descrito de forma exhaustiva lo que será en el futuro un hospital totalmente electrónico. En muchas clínicas se están estableciendo sistemas integrados de información hospitalaria. Por ejemplo, el sistema de información médica general de Viena, WAMIS, prepara información relativa a los pacientes con vistas a la investigación médica y abarca ya cerca de 360.000 pacientes y 500.000 historias clínicas, datos que se hallan disponibles para su consulta en la actualidad y los cuales constituyen el caudal experimental de la Escuela de Medicina de Viena almacenado en el ordenador.

Otra variedad de la técnica informática moderna es el diagnóstico por ordenador, en boga sobre todo en Estados Unidos. Un paciente, supongamos que con molestias de estómago, establece un diálogo con el ordenador, que se podría desarrollar más o menos así:

Ordenador: Al habla el ordenador de diagnóstico. Le voy a hacer algunas preguntas, pero sólo entiendo las contestaciones sencillas. Por lo tanto, la única forma que tiene de comunicarme información es apretando las teclas de Sí o No. Si no entiende alguna pregunta, oprima la tecla que tiene el signo de interrogación. ¿Ha entendido todo hasta ahora? Presione uno de los botones.

Paciente: Sí.

Ordenador: Gracias. ¿Acaso una de las razones de que haya venido al médico es porque siente dolores de estómago?

Paciente: Sí.

Ordenador: ¿Es un dolor permanente desde que empezó? Presione una de las teclas.

Paciente: No.

Ordenador: Entonces, ¿ha habido días o semanas en que no ha sentido ningún dolor?

Paciente: Sí.

Ordenador: ¿Tiene la impresión de que el dolor está relacionado con la comida? Apriete Sí o No.

Paciente: ?

Ordenador: Pretendo averiguar si ese dolor que siente está provocado de alguna forma por los alimentos que toma.

Si tiene la impresión de que el dolor de estómago tiene algo que ver con la comida pulse la tecla Sí, en caso contrario oprima No.

Paciente: Sí.

Ordenador: Cuando sufre ese dolor ¿nota mejoría al tomar pastillas digestivas? Presione Sí o No.

Paciente: Sí.

Ordenador: ¿Le despierta el dolor por la mañana temprano? Presione una tecla.

Paciente: No.

Este diálogo continúa durante un buen rato. Los resultados de este juego de preguntas y respuestas, comunicados por el ordenador, permiten en la mayoría de los casos excluir determinadas enfermedades o considerar probables determinados diagnósticos. A continuación el médico puede corroborar las sospechas del ordenador mediante exploraciones concretas.

El método del diagnóstico por ordenador supone también un ahorro de tiempo para el médico. Podría pensarse que muchos pacientes rehusarían conversar con una máquina y no con una persona. Según resulta de varias investigaciones, parece ser todo lo contrario: muchos pacientes prefieren el diagnóstico por ordenador a la consulta médica porque "el ordenador se muestra siempre educado" y "porque tiene más tiempo que el médico".

Es indiscutible la importancia del diagnóstico por ordenador para el auxilio médico a enfermos en regiones poco accesibles. Así se pudieron empezar a mejorar las atenciones médicas, ya en los años setenta, en el alejado territorio de Alaska gracias al organismo espacial norteamericano y a sus comunicaciones vía satélite. Desde entonces los pacientes pueden conversar a través de la pantalla con médicos especialistas que se hallan a miles de kilómetros de distancia. Igual se puede transmitir un electroencefalograma que datos sobre la temperatura corporal, la presión sanguínea, etc. De esta forma pueden recetarse fármacos por un médico especialista, o imponerse terapias que en el lugar donde está el paciente puede poner en práctica el médico de cabecera o el personal sanitario documentado.

Prótesis para oídos, ojos y músculos

Recordemos lo que se dijo en la página 79: que muchas innovaciones técnicas pretenden suplir mediante la técnica diversos órganos sensoriales humanos, sobre todo ojos y oído. Estos esfuerzos favorecen también la terapia. Más de 20.000 alemanes afectados de sordera o con dificultades auditivas graves tienen desde hace poco tiempo la esperanza fundada de volver a experimentar sensaciones sonoras y quizá incluso llegar a entender la voz humana. En la mayoría de los casos, aun cuando exista pérdida de audición interna, quedan intactas desde el punto de vista funcional el 20 % de las células del nervio auditivo. Mediante estímulos eléctricos adecuados de estas fibras nerviosas es posible comunicar al cerebro sensaciones auditivas. La idea de este tipo de acomodación acústica no es nueva, ya que hace dos siglos el físico italiano Alessandro Volta practicaba la electrización de los oídos a pacientes voluntarios, si bien éstos sólo oían chillidos inarticulados. Hoy en día se hace un trabajo más selectivo. Un cirujano implanta una placa flexible de plástico en el oído interno, allí donde termina el nervio acústico. En la placa existen hasta dieciséis minicontactos, situados por riguroso orden, cada uno de los cuales toca en una parte de las innumerables fibras nerviosas del nervio auditivo, que se extienden en abanico a lo largo del denominado caracol en el oído interno y que reaccionan ante determinadas frecuencias sonoras, como las cuerdas de un piano. El problema principal consiste en que las ondas sonoras, que a través del oído humano llegan al cerebro y éste interpreta como música y voz, no pueden acceder al nervio acústico mediante impulsos eléctricos sin la correspondiente transformación. En efecto, el nervio acústico comunica al cerebro los mensajes sonoros en forma de un código en cifra muy complicado. La excitación selecti-

va de las fibras nerviosas con patrones de impulsos codificados es a su vez una tarea que no hubiera sido posible sin el desarrollo de circuitos integrados diminutos. Los primeros electrodos para combatir la sordera están ya disponibles y cuestan unos 5.000 dólares, más o menos como un marcapasos.

En la página 68 se han mencionado ya los planes para crear prótesis efectivas para el ojo humano.

Varios grupos de investigadores se ocupan ahora de la rehabilitación de impedidos por medio del estímulo selectivo de los músculos. Sabido es desde hace tiempo que las fibras musculares se contraen cuando se las electriza. Simular mediante dispositivos técnicos la intervención sincronizada de numerosos músculos en los movimientos manuales, como es el de asir un vaso, es una tarea imposible de realizar sin ordenador. Las primeras investigaciones con tetrapléjicos (impedidos de las cuatro extremidades) en Estados Unidos transcurren con buenas expectativas. Hilos de acero finísimos se llevan con agujas especiales hasta los distintos músculos y se fijan a ellos con finos garfios. De ese modo, pacientes que antes eran incapaces de efectuar ningún movimiento pueden realizar de nuevo manipulaciones sencillas. Para evitar el inconveniente de trabajar con tantos electrodos, se está experimentando en el terreno del estímulo dirigido inalámbrico.

La historia de la música electrónica

Centrémonos ahora en las numerosas investigaciones que aplican la técnica moderna con fines artísticos. No nos referimos a los medios para el almacenamiento y la transmisión de las formas artísticas tradicionales, como disco musical, videodisco, cinta musical, cinta de vídeo, fotografía, radio o televisión. En este contexto, basta poner de relieve la impensable difusión mundial, de no ser por los medios anteriormente expuestos, de las composiciones artísticas de un Mozart o un Rembrandt, lo que sin duda ha producido efectos notables en la vida cultural del mundo occidental, pero también en el resto del mundo.

Las posibilidades del ordenador en la generación de imágenes se han considerado ya en las páginas 178 a 181. Por lo tanto, en lo que sigue elegiremos, de entre los múltiples dispositivos dedicados al arte con ayuda de ordenador, aquellos diseñados para la comunicación de sensaciones acústicas. La música electrónica moderna tiene una larga prehistoria, por sorprendente que pueda sonar esta

afirmación. Elisha Gray (quien presentó su patente sobre el teléfono dos horas después que Bell) construyó en 1876 un piano electroarmónico, y un inventor italiano fabricó en 1911 un "órgano ruidoso" que años después congregaría a un numeroso público en París. Pensemos además en los años veinte, en Leon Theremin y su eterófono, en Friedrich Trautmann y sobre todo en Jörg Mager. Éste intentó plasmar las entonces famosas ideas de Ferrucio Busoni, en las que se afirmaba que todo nuestro sistema de tonalidades sólo representa una pequeña parte de la armonía "eterna". Ya en 1938 vaticinó el compositor francés Edgar Varèse: «Estoy convencido de que llegará un día en que el compositor escribirá su partitura en forma gráfica y la trasladará después por medios automáticos a una máquina, la cual efectuará entre los oyentes la reproducción fiel de su contenido musical.»

En los primeros años de la década de los cincuenta comienza una época de activa experimentación con música electrónica. Se entiende por tal una música cuyos sonidos se generan exclusivamente por medios electroacústicos y que se trata con las posibilidades técnicas del magnetófono. Se puede distinguir a este respecto entre aparatos para la creación de sonidos (generadores de sonido), aparatos para su tratamiento (filtros) y aparatos para su almacenamiento (cinta musical). Pertrechado de estos medios técnicos, el compositor francés Pierre Schaeffer creó su *musique concrète* y Herbert Eisert fundó en la casa de la radio de Colonia el primer estudio para música electrónica. En la composición y audición estructural se vio una variante de la música futura, donde no hay primera ni segunda voz, ninguna melodía con acompañamiento y ningún tema. «La fascinación iba tan lejos», opina resumiendo Milko Kelemen, «que se hablaba ya de que se había terminado la música instrumental, porque en el futuro sólo existiría la composición electrónica.»

Las más importantes etapas del trabajo de los primeros compositores electrónicos consistían en conseguir una especie de síntesis sonora mediante la superposición aditiva de distintos componentes oscilantes, desde estructuras sencillas hasta otras más complejas de orden superior, y en ordenar luego éstas, en una segunda etapa y con ayuda de máquinas magnetofónicas, en tipos estructurales horizontales en el tiempo. Con el sistema de control de tensión desarrollado en 1964 por Robert Moog surgió una nueva fase en la ejecución de la música electrónica. Los llamados generadores de función, que crean oscilaciones sinusoidales, oscilaciones de onda cuadrada y otras, y permiten así generar espectros acústicos complicados, con-

dujeron a la "composición por procesos". Valiéndose de los efectos conjuntos de distintos generadores de función se pueden crear tonalidades, tipos de sonido y grupos estructurales que admiten una determinada modulación musical situada muy por encima de la forma oscilante discreta de los generadores.

Los músicos experimentales trabajan desde ahora en los llamados estudios analógicos. Al principio se servían exclusivamente de diferentes funciones oscilantes de origen periódico, pero con objeto de programar tonos e intensidades de sonido como secuencias no periódicas, utilizaron los denominados secuenciadores. Con dispositivos de esta clase se pueden memorizar distintos escalones de tensión y extraerlos para el control de un parámetro musical cualquiera.

Aquí la música electrónica se transforma en música por ordenador, pues esta técnica de programación necesita ya la utilización de microprocesadores. Si se intentan analizar las aplicaciones actuales del ordenador a la creación musical, se pueden distinguir tres campos: el ordenador con dispositivo de almacenamiento y control en conexión con estudios analógicos, el ordenador como dispositivo de tratamiento de información para la solución de planteamientos teóricos y el ordenador como "sintetizador directo" a partir de datos introducidos previamente y de una serie de reglas de operación.

Consideremos algo más de cerca una forma estilística de la nueva música, la denominada composición por matices acústicos. Esta música no comunica ningún cambio melódico, rítmico ni estructural. La única percepción del desplazamiento de matices acústicos, por ejemplo al comienzo del concierto de violoncelo de Ligeti, se puede comparar a la de poner a cero el parámetro de intensidad de sonido. De «la más bella crítica de mi vida» calificó Ligeti la siguiente reseña desfavorable de una de sus composiciones en un diario alemán: «Todo está en completo silencio: en el transcurso de los nueve minutos eternos que dura la pieza, en general no ocurrió nada.» Ligeti encontró en este crítico al único que había comprendido el significado verdadero de su composición.

A pesar de la variedad de formas expresivas de la nueva música, las discrepancias sobre ella tienen lugar casi a puerta cerrada, ya que el ciudadano medio no participa, o lo hace escasamente, de este nuevo campo. Dice Pierre Schaeffer: «Ese desencadenamiento de ruidos, esa antítesis total de todas las características acostumbradas de la música, como son la armonía y el contrapunto, la delicada gracia y la sutileza, es en verdad la música de estos tiempos;

unos tiempos brutales y desencajados, de átomos y cohetes, de violencia y de velocidad vertiginosa: elementos desencajados todos ellos.»

Cada cultura y cada época tiene su música, determinada por un lado por los instrumentos que la hacen posible y, por otro, por el horizonte cognoscitivo particular en que se mueve. Si la música generada por ordenador sobrevive y es aceptada por la población en la sociedad informática que se avecina como forma artística adecuada es algo de lo que quizá sean testigos nuestros hijos y no nosotros.

10. LOS CHIPS EN LA CARRERA DE ARMAMENTOS DE LAS SUPERPOTENCIAS

Desde que el presidente de Estados Unidos, Ronald Reagan, anunció en la primavera de 1983 una nueva doctrina de defensa, la de hacer invulnerable a Estados Unidos frente a los misiles enemigos con ayuda de armas dotadas de láser de alta energía y controladas por microprocesadores, quedó claro de repente el poderoso significado de la técnica microelectrónica en la última parte del siglo XX. Erraría de medio a medio quien pensara que los militares habrían hecho suya la tecnología de los semiconductores, desarrollada por unos científicos pacíficos, para aplicarla en los nuevos sistemas de armas. Al contrario, y aquí se demuestra hasta qué punto los intereses militares han impulsado el desarrollo que nos ha deparado la revolución informática.

Algunos ejemplos lo confirmarán (véase también la página 274).

Varias empresas de microelectrónica en el llamado "Valle del Silicio" californiano trabajaron antes para una compañía de primera línea del sector de armamento norteamericano, la Fairchild Computer Corporation. La concepción más antigua del circuito integrado se remonta a los planes defensivos británicos de 1952 con ayuda del radar. Uno de los padres de los ordenadores, Herman Goldstine, opina que la necesidad de contar con proyectiles certeros por parte de los militares norteamericanos fue lo que dio el impulso primario al desarrollo de las máquinas de calcular modernas. Un sencillo ejemplo de cálculo lo aclarará: se quiere calcular la altura de vuelo a de un cohete impulsado durante 100 segundos a intervalos de 0,1 segundos. La relación entre la masa inicial M del cohete y la masa m de los gases que expulsa por la tobera de reacción en cada se-

gundo tiene que dividirse en 15 fases, y la velocidad de los gases propulsores en 71 fases. Hay que calcular, por lo tanto, 1.065 trayectorias. Por cada trayectoria se han previsto 1.000 escalones de altura. Así pues, hay que calcular en total 1.065.000 valores de la altura. Para la solución del problema han de tenerse en cuenta además las variaciones de la fuerza de la gravedad en función de la distancia al centro de la Tierra y también la velocidad del aire. Resulta una ecuación diferencial para cuya solución tienen que ejecutarse 150 millones de operaciones de cálculo. Un ordenador potente realizaría dichas operaciones en unos cuantos segundos, mientras que una calculadora sencilla tardaría decenios. El desarrollo de armas de precisión es inabordable, pues, sin ordenadores potentes.

Añádase a esto que en la actualidad se gastan alrededor de 32.500 millones de dólares en investigación y desarrollo militar. En Estados Unidos y acaso también en la URSS, más de la mitad de la investigación financiada por el Estado persigue fines militares. En el ámbito mundial, un 40 % aproximadamente de los recursos para investigación se dedican a la industria militar. Casi medio millón de los mejores científicos e ingenieros se ocupan en este campo, es decir, aproximadamente la mitad de los hombres de ciencia.

Consideremos con más detalle algunos campos de aplicación de la microelectrónica en el terreno militar. Los conceptos estratégicos seguidos por las dos superpotencias en los últimos decenios descansan en el equilibrio del terror atómico: ambas superpotencias están en situación de destruir al enemigo varios cientos de veces. Una parte notable de las cabezas de combate nucleares están apuntando a objetivos militares y a grandes ciudades. La precisión de los cohetes intercontinentales norteamericanos "solamente" llega en la actualidad a un margen de 200 metros, y es seguro que será mejorada por sistemas que ya se están desarrollando: los sistemas MX, dotados de sistemas de aproximación al blanco por radar, podrían lograr una dispersión en torno al blanco de algunas decenas de metros.

Los denominados proyectiles de crucero desarrollados en los últimos años forman un sistema de armas nucleares estratégicas de la más alta precisión, que han sido posibles gracias a la técnica microelectrónica. Los proyectiles poseen un ordenador de a bordo, el cual explora el terreno que circunda al misil y lo compara en cada momento con una trayectoria programada de antemano. Las correcciones de rumbo son automáticas. Los sistemas de dirección para la localización del blanco se crearon con ayuda de mapas preparados a partir de fotografías tomadas desde satélites. Dichos proyectiles de

crucero (en inglés, *cruise missiles*), que pueden lanzarse desde el aire, desde barcos o desde tierra, vuelan a velocidad supersónica a sólo 100 metros de altura y por lo tanto pueden eludir casi siempre la vigilancia por radar y resultan consiguientemente difíciles de localizar y destruir. Los bombarderos norteamericanos tienen capacidad para transportar hasta dos docenas de estos cohetes controlados por ordenador.

Para poder localizar estas bombas inteligentes hacen falta sistemas de alerta inmediata, como las del tipo AWACS, que detectan desde aviones dotados de radar blancos móviles cercanos a la superficie terrestre. Los costes de desarrollo de un solo sistema AWACS norteamericano ascendieron a 1.000 millones de dólares. Con todo lo costosos y eficientes que puedan ser estos dispositivos de alerta, muchos expertos opinan que en caso de guerra serían neutralizados muy pronto y que en consecuencia carecen de verdadera utilidad.

De especial interés desde el punto de vista militar es el perfeccionamiento del campo de combate automatizado. Ya en 1969 profetizaba el general estadounidense William Westmoreland: «Me imagino un nuevo orden de combate.» En éste el enemigo se localiza por medios electrónicos, se sitúa en el punto de mira con ayuda de ordenadores, se le persigue y destruye con proyectiles dirigidos controlados por láser. La información sobre este tema se mantiene en el más alto secreto, por lo que todo lo que se publica sobre el mismo tiene que ser considerado con mucha cautela. Muy poco es lo que el ciudadano corriente puede saber verdaderamente acerca del tema, si bien lo que conocemos ya es de por sí suficientemente inquietante.

Digamos además que cuanto más se confíe en sistemas de alerta controlados por ordenadores tanto mayor será el peligro de una guerra de exterminio desencadenada por un error. En muchas ocasiones se han comentado en los medios de comunicación estas falsas alarmas. A la vista de estos hechos, no nos queda más remedio que confiar en el buen funcionamiento de los chips...

En la página 141 hemos debatido ya la importancia de los satélites en los planes estratégicos de soviéticos y norteamericanos, una gran parte de los cuales se utilizan con fines militares. El 70 % de los circuitos de comunicaciones militares de Estados Unidos pasan por satélites geoestacionarios. Hasta ahora, éstos desempeñaban un papel más bien pasivo: retransmitían conversaciones telefónicas o radiaban a la Tierra fotografías de los silos de cohetes enemigos. Pero

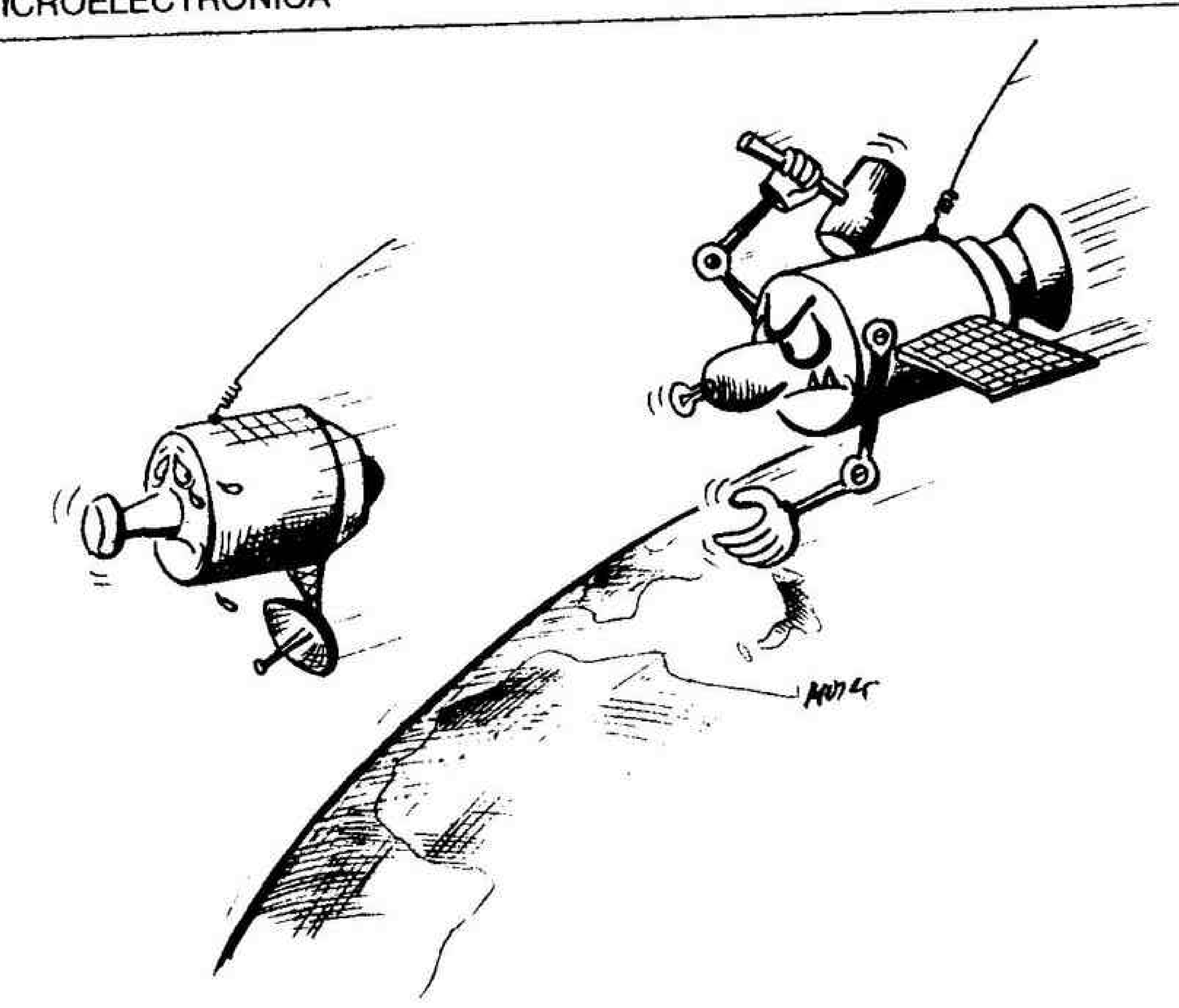


Fig. 65. Satélites asesinos...

los estrategas militares planean ya dispositivos para el siglo XXI que harían obsoletos los imaginados en *La guerra de las galaxias*. En Estados Unidos se presiona en la actualidad para el desarrollo de sistemas de armamento con cohetes situados en el espacio que habrían de garantizar la seguridad frente a la amenaza enemiga con rayos láser y cohetes-anticohetes. Este plan supone el distanciamiento radical del acuerdo SALT I concluido el año 1972 que limitaba a dos por superpotencia el número de sistemas anticohete. Entonces se abogó en común por la doctrina de la intimidación nuclear mutua. En el momento en que uno de los adversarios haya desarrollado una medida de defensa efectiva, se alteraría irremisiblemente dicho equilibrio, del que muchos opinan que ha preservado la paz mundial desde hace ya cuatro decenios.

El concepto de defensa por medio de misiles dotados de rayos láser parece sencillo en principio. Como los rayos láser se propagan a la velocidad de la luz, y suponiendo que se emitieran desde el espacio, podrían destruir en una fracción de segundo cualquier misil que saliera del territorio enemigo, siempre que hicieran blanco con precisión milimétrica y tuvieran energía suficiente para fundir metales después de haber recorrido decenas de miles de kilómetros. Ninguna de las dos condiciones podrán satisfacerse en este siglo, según vaticinan los expertos. Los técnicos no saben en la actualidad cómo habrían de generarse en el espacio las enormes cantidades de energía que se necesitan. Pero aun cuando dicho problema se resolviera, no es menester mucha fantasía para imaginarse que entonces podrían estacionarse en el cielo cañones dirigidos por láser capaces de inutilizar por medios automáticos los mismos satélites que se encargaran de la supuesta defensa. No en vano trabajan también los soviéticos desde hace tiempo en el desarrollo de satélites asesinos. Querámoslo o no, la carrera de armamentos continúa.

3. Microelectrónica y sociedad

1. MICROELECTRÓNICA Y PARO

«Acaso pueda explicar el substrato histórico de la situación actual si digo que la primera revolución industrial, la revolución de las "oscuras y satánicas fábricas", significó la desvalorización de los pobres mediante la competencia de la maquinaria. En Estados Unidos ningún jornalero del campo tenía un salario por hora lo suficientemente bajo como para competir con el trabajo de una roturadora de vapor. La revolución industrial moderna se caracteriza, en perfecta analogía, por desvalorizar el cerebro humano, al menos en lo que respecta a decisiones sencillas y rutinarias.

»Como es natural, lo mismo que el carpintero, el mecánico y el sastre expertos sobrevivieron en cierto grado a la primera revolución industrial, el científico y el funcionario experimentados pueden sobrevivir a la segunda. Pero si nos ponemos en el momento en que la segunda revolución ya haya terminado, una persona normal, con conocimientos medios o escasos, no tendrá para vender nada que resulte de interés para nadie.»

Norbert Wiener (1963)

Un 11 % de los parados en los países de la Comunidad Económica Europea, un 30 % de los jóvenes sin empleo en muchos sectores: números que dicen poco sobre el destino individual de los afectados, pero que transparentan con perfecta claridad la profundidad de la crisis económica en que nos encontramos sumidos. Un decenio después de haberse publicado el informe «Límites del crecimiento», realizado por el Club de Roma, se ha abierto paso entre el pú-

blico la convicción de que han pasado ya los buenos años de un crecimiento sostenido por encima del 6 % anual. Muchas personas están cada día más convencidas de que la crisis actual de la economía mundial podría ser algo más que un fenómeno transitorio en el camino hacia una mayor riqueza. Los países industrializados se enfrentan ahora a problemas desconocidos desde los años treinta. El sistema internacional que ellos mismos se han dado –el sistema monetario internacional, por ejemplo– se caracteriza por un notable desequilibrio.

Antes había transcurrido un período de crecimiento económico nunca antes conocido, que trajo a casi todos los ciudadanos de los países industriales el bienestar material, una distribución más justa de los ingresos y un gran progreso técnico. Impulsados por una fuerte demanda, los países ricos crearon una maquinaria industrial poderosa, que se mantuvo en pleno rendimiento gracias a los generosos y baratos suministros de petróleo. Con el barril de este último a un precio apenas superior a un dólar era posible un crecimiento del consumo de energía entre el 6 y el 10 % anual. Esto contribuyó al crecimiento, pero también acarreó desenfreno y derroche.

En los primeros años setenta se hizo de dominio público que el cuerno de la abundancia del crecimiento económico se había transformado en la caja de Pandora. El sistema monetario mundial creado en Bretton-Woods al final de la Segunda Guerra Mundial se derrumbó. La meteorología adversa y los daños catastróficos en las cosechas no trajeron pérdidas materiales sensibles tan sólo en los países en desarrollo. Poco después de que la organización de países exportadores de petróleo, OPEP, hubiera multiplicado por cuatro en 1973 el precio del petróleo crudo, se implantó una recesión de la que hasta ahora no nos hemos recuperado. Los economistas disputan desde entonces sobre las causas de este descenso. Lo más cómodo fue culpar a los productores de petróleo y acusarles de ser los causantes de la crisis. A continuación, y de acuerdo con la posición política del opinante, se repartían responsabilidades entre un sistema social injusto, el dirigismo estatal o los malvados japoneses.

El paro creciente, se seguía arguyendo, era una consecuencia directa de la recesión económica. En un segundo plano quedaba la explicación de que las medidas de racionalización y los incrementos de productividad inducidos por ellas en muchos sectores industriales habían hecho sencillamente innecesaria la mano de obra. Cuando, al final de los años setenta, los japoneses hicieron irrupción en el mercado occidental con sus automóviles –consecuencia de su ofensiva exportadora– y a continuación circularon por los medios informativos fotografías de fábricas del Lejano Oriente casi vacías de personas y controladas por robots, todo el mundo se quedó asombrado y desconcertado. Parecía evidente que los japoneses podían vender más barato porque su producción era más racional (y también, con toda seguridad, porque seguían pagando salarios más bajos, circunstancia que no ha variado desde entonces): un robot sustituía a uno o varios trabajadores. Mientras el público contemplaba fascinado el milagro de racionalización del Japón, omitía afirmar que también la industria europea, en pequeña escala, había impulsado ya la automatización de los procesos de producción.

Hasta el comienzo de los años ochenta nadie pareció interesarse por la aplicación de la técnica microelectrónica al mercado de trabajo. En ese momento empezaron a realizarse numerosos estudios que investigaron los efectos de la moderna técnica de los ordenadores, de la información y de las comunicaciones en la situación de empleo. Empresas convertidas a la técnica robótica se analizaron cuidadosamente. Como era de esperar, se obtuvieron de ellas resultados bien diferentes. Así, se demostró que con la introducción de la microelectrónica en el proceso de fabricación no se producía una simple sustitución de la mano de obra humana por robots; se manifestaba más bien un fenómeno complejo que exigía una nueva organización del proceso productivo, con la creación de una nueva clase de plusvalía.

Mucho más difícil es estudiar los efectos sobre un sector económico o sobre la economía en general. Por tal motivo, también los economistas disputan sobre si la microelectrónica es total o parcialmente responsable del paro actual o podría serlo del paro futuro. A partir de investigaciones realizadas en empresas concretas, la problemática puede considerarse desde distintos puntos de vista, habida cuenta de la distinta evolución que siguen los sectores particulares, como la automatización de oficinas, la imprenta o la industria del automóvil. Por otro lado, puede plantearse hasta qué punto se modifican las exigencias en cuanto a la cualificación de los trabajadores de resultas de la introducción de ordenadores y robots. No basta, sin embargo, con juzgar por separado esta evolución en la República Federal de Alemania. La marea racionalizadora desencadenada por la microelectrónica ha acarreado también cambios estructurales en la competencia internacional: pensemos en el retroceso que ha sufrido desde hace años la producción suiza y alemana de relojes como consecuencia del rápido auge que experimentaron las impor-

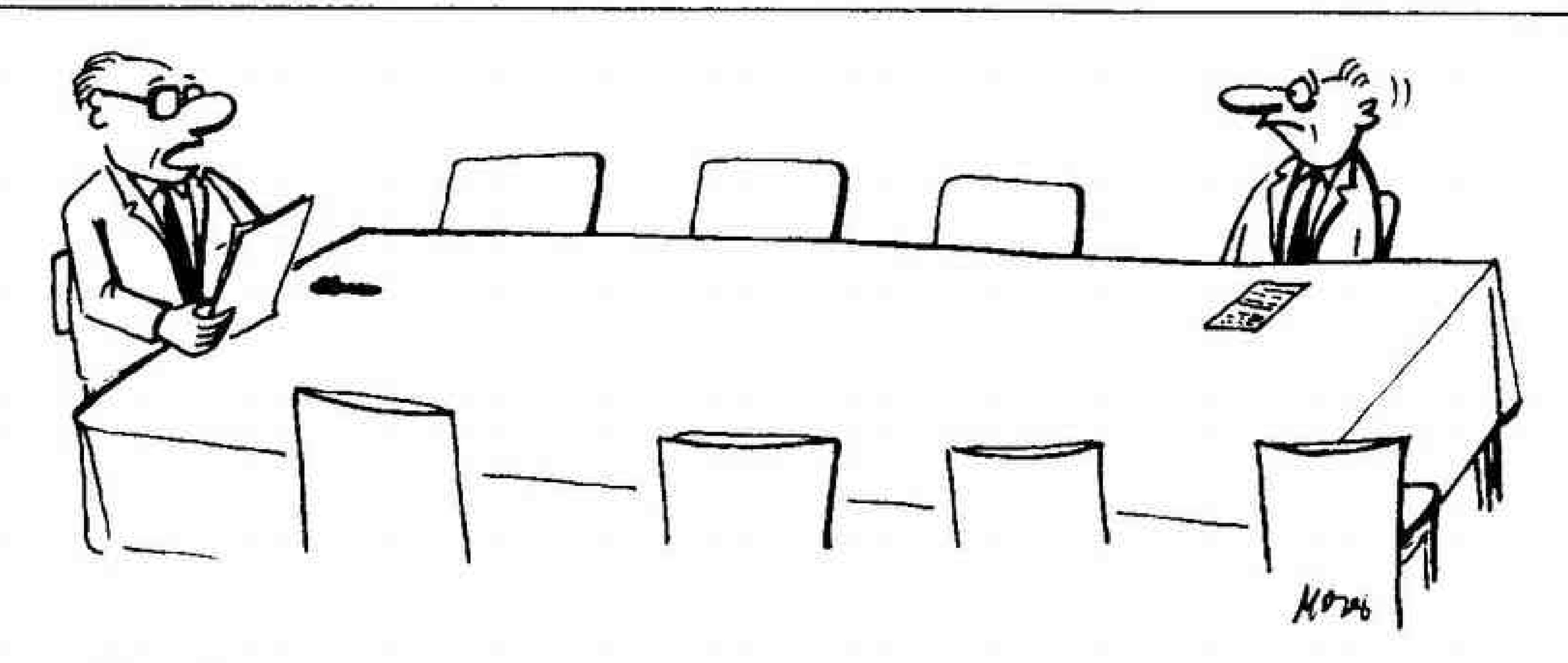


Fig. 66. En la última reunión acordamos automatizar la empresa. El proceso está casi concluido...

taciones de relojes digitales del Lejano Oriente. En los apartados siguientes, pretendemos hacer una valoración diferenciada de la problemática de los puestos de trabajo en lo que tenemos apuntado.

Mecanógrafas y procesadores de texto

La automatización va a ejercer, sin duda, una influencia clara y notable sobre la ocupación en las oficinas y en la administración. Así, la productividad del trabajo de oficina aumentará. Si bien no se puede afirmar que vayan a existir muchas oficinas en las que los robots realicen el trabajo y los trabajadores sean eliminados en aras de la racionalización, lo cierto es que hasta el 40 % de la actividad burocrática total puede ser regido por un proceso electrónico de datos. Esto no significa necesariamente que casi la mitad de las mecanógrafas y administrativos sean superfluos, puesto que la realidad indica que también aumentan las tareas. El planteamiento estriba en conocer si el gasto en administración va a crecer a mayor o menor ritmo que los ahorros que se consigan en virtud de la informatización.

Según un estudio de la Oficina Internacional del Trabajo de Ginegra *(Genfer International Labour Office)*, la revolución de la información, vista a corto plazo, tendrá una incidencia de primer orden en el sector administrativo, el cual está infracapitalizado si se compara con el sector productivo: en un puesto de trabajo de oficina típico hay invertidos solamente alrededor de 1.300 dólares,

mientras que un puesto de trabajo de fábrica es veinte veces más caro. Se estima que en el futuro un empleado de oficina manejará un equipo técnico que costará cinco veces el actual. Es claro que con ello la productividad en el sector administrativo aumentará con arreglo a un ritmo mucho mayor que el actual: si en los años setenta el número de empleados de oficina creció en un 45 % y su productividad sólo en un 4 %, los trabajadores industriales, con un crecimiento del 6 %, alcanzaron como media un incremento de productividad del 80 %. Estudios de distintos fabricantes e instituciones de investigación económica calculan que con el paso de las máquinas de escribir convencionales a los procesadores de textos se puede esperar un aumento de productividad del 100 al 200 %. Como los costes de los procesadores de textos disminuyen cada vez más, al tiempo que suben los salarios de las mecanógrafas, sólo es una cuestión de tiempo el que amplios sectores de la economía efectúen por ordenador sus actividades administrativas. En Estados Unidos se hallan ya en uso un millón de procesadores de textos. La tasa aproximada de crecimiento anual es del 30 %.

Pero los ordenadores de oficina no sólo se emplean para escribir cartas: se utilizan también en contabilidad y como bancos de datos. Los grandes fabricantes de ordenadores se ocupan de poner en el mercado modelos que puedan cubrir todas estas áreas, y según estimaciones de los sindicatos alemanes este proceso de transformación afectará directamente en la República Federal de Alemania a una cifra que oscila entre 2 y 5 millones de mecanógrafas.

Pero, ¿qué significa en realidad la introducción del proceso de datos en la administración? El trabajo de los procesadores de textos repercute en el nivel de cualificación de las secretarias en un doble sentido: por un lado, conduce a un cambio en la composición del trabajo, como por ejemplo en el desdoblamiento entre mecanografía y trabajo de administración; por otro, impone a las mecanógrafas la necesidad de adquirir nuevos conocimientos especializados. Los casos de estudio han demostrado que las secretarias experimentadas ven una desvalorización de su trabajo en la introducción de los aparatos de proceso de textos, y que es frecuente que se opongan a ellos por razones emocionales. Por el contrario, las mecanógrafas más jóvenes los consideran más bien como una revalorización.

En las empresas grandes se llegará a la creación de secciones especiales para el tratamiento de textos, donde los aparatos podrán ser utilizados de modo más intensivo que el característico en una secretaría tradicional. También puede concebirse, como alternativa,

un tipo de organización descentralizada, en la que los dispositivos de tratamiento de textos estén instalados en las secciones ya existentes, y no haya una separación tan rotunda entre confección de documentos y correspondencia.

Sólo hemos considerado hasta ahora la parte de la automatización de oficinas que se ocupa de la mecanografía. Pero los modernos sistemas mixtos de oficina permiten además unas comunicaciones rápidas y eficientes, así como nuevas formas de almacenamiento y de recuperación de la información. La medida en que se vayan a utilizar las numerosas posibilidades de estas nuevas técnicas será diferente según el caso. Pero todavía no está claro qué factores materiales, organizativos, sociales y emocionales se verán afectados por la instalación de tales sistemas mixtos. Tampoco se sabe, por otra parte, en qué grado se desenvolverá el trabajo de oficina en el futuro. Por lo tanto, es difícil estimar en la actualidad la necesidad de mano de obra en la administración. Pero es probable que se produzcan profundas transformaciones y que en consecuencia se impongan en cada caso fuertes exigencias en cuanto a la flexibilidad en el empleo. Es de suponer, por lo demás, que también los sindicatos harán sentir su influencia.

Esto último puede demostrarse con toda evidencia en otro sector: la imprenta. Hasta hace pocos años, en los periódicos y editoriales se trabajaba con caracteres de plomo. Las máquinas de componer que en ellos se utilizaban se han mantenido casi inalterables durante decenios. Cada línea se funde en plomo, y después todas ellas se juntan en el orden conveniente para formar párrafos, proceso largo, penoso y muy laborioso, para el cual los diarios necesitaban tener unos doscientos operarios. Hoy en día, la recogida del texto se hace como en los procesadores de textos, en un terminal con pantalla y teclado. El contenido, almacenado en cinta o en disco magnético, se corrige y se formatea en pantalla para a continuación ser compaginado en máquinas controladas por ordenador. El texto ya preparado es llamado por el ordenador y se pasa a una película en un equipo de exposición, que se usa después para la creación de planchas de impresión. Si antes un artículo se mecanografiaba hasta cuatro veces, ahora ya no hay más que dos etapas de trabajo: la escritura del texto y la redacción. Así, el trabajo de los tipógrafos puede ser realizado por mecanógrafas de menor cualificación. Pero los grupos profesionales afectados disfrutan en la industria periodística de una posición fuerte. Como consecuencia de ello, en los años setenta se produjeron enfrentamientos en algunos estados alemanes al introducirse las máquinas de composición por ordenador. En el año 1979, el *Times* de Londres llegó a estar once meses sin aparecer porque el conflicto entre la dirección y el sindicato sobre la introducción de esa máquina había conducido a una huelga.

Desde 1970 hasta 1976, el número de impresores y de tipógrafos de la República Federal de Alemania había disminuido en un 30 %. En 1978 se produjeron fuertes enfrentamientos, suscitados por la calificación de los tipógrafos apartados de su ocupación tradicional. Por último, se llegó al acuerdo de garantizar a estos trabajadores especializados su puesto de trabajo durante ocho años manteniendo, también a corto plazo (entre uno y seis años), sus salarios en el nivel anterior.

En Estados Unidos las cosas ocurrieron de otro modo: el *Washington Post* implantó la composición por ordenador a pesar de las protestas de los sindicatos. Cuando los trabajadores entraron en huelga, 25 directivos hicieron el trabajo de 125 tipógrafos.

Dicho sea de paso: el hecho de que el texto de este libro no haya sido compuesto por un tipógrafo, sino en el domicilio del autor, significa que en la imprenta editora no ha hecho falta el concurso de tipógrafo alguno.

Es innegable que la introducción de la composición por ordenador elimina mano de obra por racionalización. Además, la nueva técnica permite sacar ediciones simultáneas de un periódico en distintos países, porque el texto se puede transmitir por línea telefónica de una máquina de componer a otra. El *Financial Times*, por ejemplo, aparece en Londres y en Frankfurt; el *International Herald Tribune* en Londres y en París. Por otro lado, el ordenador facilita también la preparación de titulares. Por último, el mando por microprocesador será el motor del desarrollo de otros métodos de impresión, como por ejemplo el de impresión por chorro de tinta.

De cualquier modo, la práctica demuestra que no todo funciona con tanta sencillez como puede parecer en la teoría. No hay que olvidar que los diarios viven, entre otras cosas, gracias a que aparecen todos los días con puntualidad. Ni qué decir tiene que los ordenadores también se averían. Así, puede ocurrir que un día aciago entreguen su espíritu por refrigeración insuficiente, con la consiguiente catástrofe para el editor del periódico. De ahí que por el momento la compaginación no sea automática en la mayoría de los casos, y se limite al corte y al montaje de la película ya expuesta. Está claro que la técnica de compaginación en pantalla no se halla madura todavía.

Consideremos ahora el efecto de los robots en la situación del personal de fabricación. Un estudio sobre la introducción de robots en cinco empresas de la República Federal de Alemania concluía que 46 trabajadores que ocupaban puestos de trabajo no cualificados fueron afectados por la reorganización: 6 puestos quedaron sobrantes, 38 tuvieron que ser reciclados y se produjo un solo ingreso. Otro estudio sobre el empleo de 40 robots en una fábrica de automóviles condujo al resultado de que cada robot eliminaba cuatro trabajadores por término medio, pero creaba un nuevo puesto de trabajo. Como por ahora no hay en el país sino algunos cientos de verdaderos robots en acción, este efecto apenas es perceptible en el mercado global del trabajo.

El empleo de robots implica la supresión de actividades monótonas. También es ventajoso asignar a las máquinas automáticas la realización de trabajos insalubres, como la pintura al duco. El hecho de que un robot, dados los precios actuales, suponga el ahorro de la mitad del salario por hora que se paga a un trabajador, es inevitable que conduzca a un ahorro correspondiente de mano de obra, como ya ha ocurrido en la imprenta. En Estados Unidos se espera que hacia 1990 el 5 % de los trabajadores industriales habrá sido sustituido por máquinas automáticas controladas por microprocesadores.

Visto así, resulta sorprendente que en el Japón, el país de los robots, se esté dando prioridad a la automatización en las fábricas sin levantar protestas de los sindicatos. Esta circunstancia se explica, al menos en parte, por el hecho de que allí los puestos de trabajo están garantizados de por vida en las grandes empresas (al menos para los hombres). A ello se añade que durante mucho tiempo ha habido en el Japón necesidad de mano de obra que ejecutara tareas no cualificadas. La baja tasa de nacimientos contribuirá también a que en los próximos decenios entren al proceso productivo japonés menos personas que ahora. Sin embargo, la automatización no debería pasar inadvertida en el mercado de trabajo japonés.

Por otro lado, también hay personas que sostienen que los robots crearían nuevos puestos de trabajo. Recuerdan que, pese a que los trabajadores ingleses hicieron huelgas contra la introducción de máquinas textiles automáticas, la cifra de personas ocupadas en el sector aumentó en el transcurso de todo el siglo XIX. El número de trabajadores ferroviarios se multiplicó por diez entre 1850 y 1900, aunque al principio se había afirmado que la nueva técnica destruiría mano de obra. Por consiguiente, el alto paro actual no sería una

consecuencia de la automatización mediante la técnica microelectrónica, sino que estaría más bien provocado por la recesión mundial. El economista ruso Kondratiev demostró que el crecimiento económico y la recesión se alternan con un ritmo permanente de unos 50 años. Desde el principio del siglo XIX, las novedades técnicas que han roto moldes también han llevado consigo la prosperidad. Algo parecido podría esperarse ahora como consecuencia de la aparición de la microelectrónica.

Sea como fuere, deberemos distinguir entre los sectores que ponen siempre en el mercado el mismo volumen de producto con menos personas cada vez y aquellos otros que sin duda se racionalizan, pero no por ello dejan de crear al mismo tiempo nuevas necesidades de mano de obra. Así, si no fuera por la microelectrónica y los ordenadores, los bancos y las compañías de seguros no estarían en situación de digerir un crecimiento del volumen de trabajo superior a la media, como el que han soportado durante los últimos veinte años.

Además, la racionalización de las actividades tradicionales, como la atención a las cuentas, etc., ha hecho posible que los bancos y las instituciones de crédito se hallen en condiciones de ofrecer nuevos servicios no existentes con anterioridad (desde el asesoramiento sobre inversiones a los consejos sobre instalaciones que ahorran energía). Para ello hacen falta más personas, y así el efecto racionalizador de la técnica microelectrónica queda dentro de unos límites cuando se considera en su conjunto la evolución del número de ocupados en la banca.

Una mirada a la historia demuestra que la estructura del empleo no se está modificando de forma drástica desde hace poco (figura 67). Si hace cien años el 43 % de la población ocupada trabajaba en la agricultura, hoy en día el sector atrae a un 6 % escaso. El sector servicios vio cómo el número de sus empleados se multiplicaba por más de tres en ese mismo espacio de tiempo, en tanto que el sector secundario acogía a un nuevo trabajador por cada tres de 1883. A ello se unen fenómenos como el éxodo rural, la construcción de suburbios en las grandes ciudades y la burocratización de la sociedad. Siempre hubo dolorosos procesos de transformación, desde la sublevación de los tejedores en la primera mitad del siglo XIX hasta el despido de trabajadores que en la actualidad está teniendo lugar en sectores como la imprenta. De todos modos, parece que la transformación es más rápida en este momento que lo que lo fuera durante la primera revolución industrial o, dicho con otras palabras,

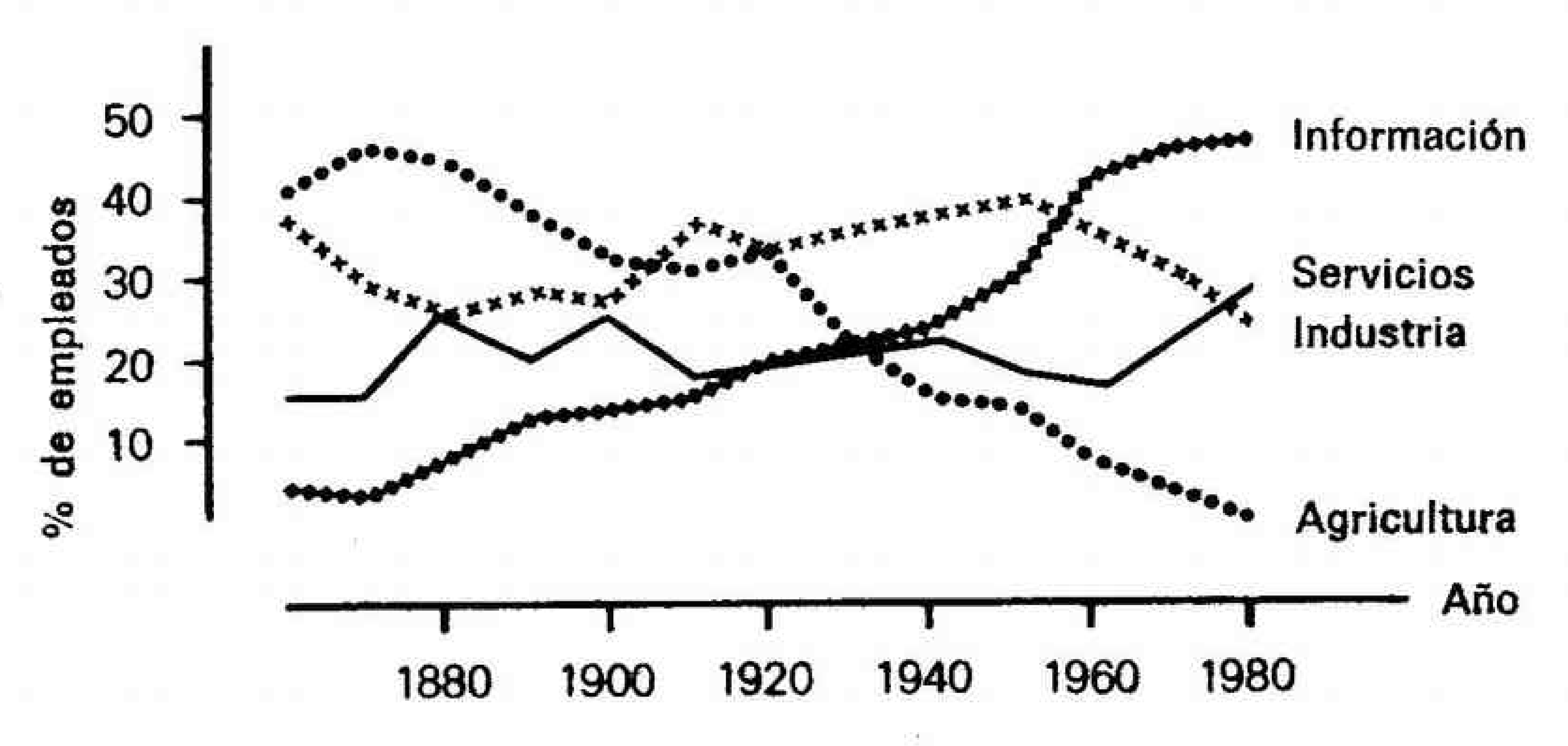


Fig. 67. Evolución de la estructura del empleo en Estados Unidos durante los cien últimos años.

que queda mucho menos tiempo para acomodarse a la nueva situación. A la vista del estado actual de la economía, es de temer que políticos, empresarios y sindicatos tengan mayores dificultades cada vez para convertir el progreso técnico en progreso social.

Automatización y nivel de cualificación

Hemos mencionado ya que la racionalización afecta sobre todo a los trabajadores de menor preparación. Esto nos lleva a reconocer que la microelectrónica actúa sobre el empleo de forma distinta, según sea el nivel formativo que los puestos de trabajo exijan. También es interesante valorar por separado las consecuencias. Así opina John Evans, del instituto sindical europeo de Bruselas: «Por una parte se elimina un número determinado de puestos de trabajo y además se deprecia la cualificación especializada necesaria. Pero, por otra, en determinadas categorías se eleva la cualificación de los puestos de trabajo. Estos tres efectos –la pérdida de puestos de trabajo, la depreciación profesional y la valorización de la especialidad– forman parte del proceso de adaptación.»

Como es lógico, la depreciación profesional se deduce de la naturaleza de los procesos automatizables. Así, es fácil mecanizar aquellos procesos que constan de actividades repetitivas. La mecanización de los métodos de producción ha generado puestos de especia-

listas de escasa cualificación que ahora, en la segunda revolución industrial, vuelven a ser innecesarios.

El ejemplo más sobresaliente es el de la producción en masa sobre cintas continuas, o producción en cadena. Haciendo un promedio de las diversas estimaciones, alrededor del 33 % de los trabajadores y del 46 % de las trabajadoras ejecutan tales trabajos repetitivos de poca responsabilidad. El 11 % de los hombres y el 40 % de las mujeres efectúan trabajos auxiliares sencillos. Son precisamente éstos los trabajos a los que se dirige la automatización mediante máquinas controladas por ordenador.

Otra situación interesante es la que se deriva del desarrollo de máquinas-herramientas de control numérico por ordenador. Comprende este apartado aquellas máquinas que son gobernadas por un ordenador de acuerdo con un programa determinado. Realizan trabajos que venían necesitando personal especializado y que gozaban de una gran consideración tradicional en el marco de las máquinas-herramientas. Sus funciones precisan de unos amplios conocimientos especializados, y por tanto de un largo tiempo de formación. El personal trabaja en la planificación y fabricación de una pieza, supervisa la actuación de la máquina y la adapta a las condiciones necesarias en cada momento. Los conocimientos del trabajador especializado son descompuestos por el analista de sistemas en sus componentes lógicos para a continuación programar los ordenadores de modo que éstos supervisen y gobiernen la máquina como lo hubiera hecho el trabajador especializado. Así pues, este último viene a ser sustituido por el analista de sistemas, quien, a diferencia del anterior, no supervisa una sola máquina, sino que escribe una sola vez el programa que servirá para controlar cuantas máquinas sean necesarias.

Intentemos analizar los requisitos personales más solicitados al introducir la microelectrónica. Se trata de conocimientos sobre ordenadores, necesarios sobre todo en aquellas fábricas en cuyos procedimientos de producción se quieren emplear microprocesadores, y también, como es natural, en las empresas que fabrican ordenadores, procesadores de textos, etc. Hay que nombrar por último el sector de servicios de ordenador, en rápido crecimiento, que comprende el asesoramiento, el mantenimiento y los desarrollos innovadores (según las estimaciones, el volumen mundial de este mercado de servicios de ordenador alcanzará en 1986 los 53.000 millones de dólares). En tales trabajos los conocimientos decisivos versan sobre electrónica, lógica, análisis de sistemas y *software*.

En Noruega y en Suecia los cursos de formación familiarizaron con estas nuevas técnicas a trabajadores especializados; quienes superaron esos cursos consiguieron luego puestos con mayor nivel de cualificación. Por razones naturales, el personal de más edad suele verse más perjudicado que los jóvenes, no en vano a aquél le resulta más difícil, en general, acomodarse a la transformación. En esos casos, los sindicatos suelen pretender la consecución de una jubilación anticipada conservando su nivel de ingresos para evitar males sociales.

Si bien el paro en su conjunto sigue subiendo, aumenta por otro lado la demanda de personal especializado en ordenadores. Sólo en la República Federal de Alemania podrían encontrar un empleo inmediato varias decenas de miles de programadores y de analistas de sistemas.

Klaus Haefner, de la Universidad de Bremen, ha intentado clasificar la cualificación de los trabajadores en la era de la información en función del grado de dependencia respectivo de la informática. Para ello ha distinguido entre "autónomos", "sustituibles" e "incalculables". Los autónomos son, según Haefner, quienes logran seguir ejerciendo su profesión en todos sus aspectos sin recurrir a la informática y no se ven afectados de forma inmediata por los efectos de la microelectrónica. Responden a esta clase las personas que realizan tareas complejas o de movimientos poco reproducibles. Autónomos típicos son, por ejemplo, los agricultores.

Entre los sustituibles cuenta Haefner a todos aquellos trabajadores cuyas tareas son eliminadas con motivo de la racionalización. De cualquier modo, pueden quedar en sus antiguos puestos de trabajo muchos individuos relacionados con funciones de control y supervisión. Son sustituibles, por ejemplo, los empleados de banca, el personal auxiliar de oficina y quienes se ocupan de la transformación de los metales.

Quedan profesiones, como las de empresario, ingeniero o profesor, cuyas actividades son complejas y tienen un fuerte componente de comunicación entre personas. Estos profesionales se cuentan entre los incalculables. No se trata de autónomos, porque utilizan de modo intensivo la informática. La actividad de muchos de ellos está condicionada, sin embargo, por el hecho de que cada vez se comprenden mejor procesos más complejos, que en seguida son absorbidos por la automatización. En tal sentido, muchos de estos trabajadores "incalculables" se convertirán en sustituibles. Como es natural, también hay tránsfugas entre los tres grupos. Así, entre los incalculables y los autónomos están aquellos que se sienten sobrecargados de trabajo o descontentos en su calidad de incalculables y desean vivir como autónomos. También se hallan en esta situación muchos intelectuales, que prefieren una vida "alternativa" en el terreno de una actividad económica de alta especialización.



Fig. 68. Karl Steinbuch.

En la clasificación esbozada da la impresión de que no existe ni se vislumbra por el momento ningún campo de nuevas actividades que alcance la suficiente amplitud para acoger al personal sustituible. Es cierto que habría, aun hoy en día, suficientes tareas en el sector de los servicios sociales. Sin embargo, no está claro cómo podría realizarse una reclasificación del trabajador de una cadena de montaje en enfermero, por ejemplo. Las consecuencias que se infieren de estas consideraciones en cuanto al sistema de formación se discuten con más detalle en la página 265 y siguientes.

A similares conclusiones llega Karl Steinbuch, quien profetiza que todo aquello formulable en reglas unívocas y que se pueda reflejar en rutinas o programas de ordenador será función de los ro-

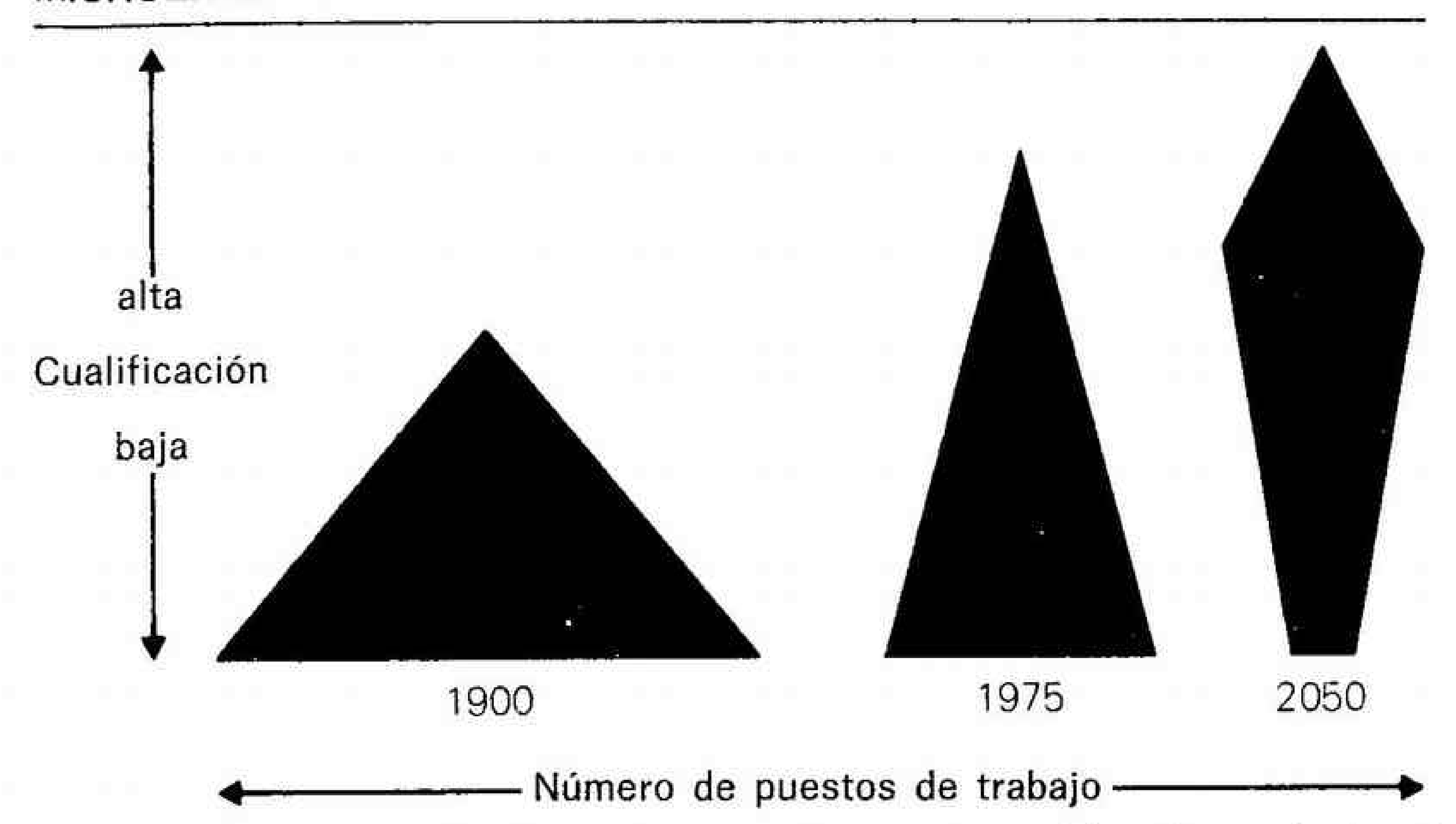


Fig. 69. Cambios probables en la estructura de la cualificación profesional entre 1900 y 2050 (según K. Steinbuch).

bots antes o después. A tal efecto, debe pasar a ser programable mucho más de lo que ahora se puede imaginar. De aquí se deduce, según Steinbuch, que el total de puestos de trabajo disponibles disminuirá con claridad; sin embargo, mientras el número de los que requieren una cualificación escasa descenderá con especial rapidez, la demanda de los trabajadores con alta cualificación seguirá subiendo de modo permanente. Por consiguiente, la estructura de conocimientos sufrirá modificaciones sustanciales (fig. 69).

¿Está la solución en la reducción de jornada?

Si consideramos que el número total de puestos de trabajo disminuye, ello implica en el fondo que cada vez habrá empleo para menos personas. De este argumento infieren muchos la exigencia de una reducción general de la jornada de trabajo. Opinan que sería mejor hacer que el mayor número posible de personas trabajase 30 horas a la semana en vez de 40, y así no hubiera que soportar como parados a alrededor del 20 % de los individuos capacitados para trabajar. De lo que acabamos de exponer se deduce, sin embargo, que el problema del empleo no se soluciona sin más con esta medida, pues existen ante todo tendencias estructurales que caracterizan

la situación actual. Un acortamiento general de la jornada de trabajo no significaría, por sí solo, el corte del nudo gordiano. Antes de acometerlo sería necesario experimentar regulaciones más flexibles en muchos sectores (trabajo compartido, paso móvil a la jubilación y medidas similares). Si se fuera hacia un acortamiento de la jornada laboral, habría que poner como condición su adopción internacional, pues hoy en día las empresas luchan en los mercados de exportación en pos de mayores ventas y en consecuencia desean elevar su competitividad en la mayor medida posible. Un acortamiento de la jornada, dicen los empresarios, debilitaría dicha competitividad.

En lo que concierne a la reducción de jornada, los distintos países se cargan el mochuelo unos a otros y ninguno quiere ser el que dé el paso adelante. A pesar de todo, es de suponer que, al menos en algunos países de la Europa Occidental, las horas anuales de trabajo irán reduciéndose por etapas.

Esto nos lleva al tercer aspecto abordado en este capítulo: el de los cambios estructurales internacionales. No es la primera vez que nos enfrentamos a este problema (véase pág. 171).

La competencia internacional se concreta hoy en día en varios niveles. Consideremos la rápida expansión de la industria electrónica. Según las estimaciones, el mercado electrónico mundial alcanzará a finales de la década de los ochenta el gigantesco volumen de 200.000 millones de dólares. Los norteamericanos fueron los iniciadores de la era electrónica y ocuparon también desde el principio una posición dominante en el desarrollo comercial. Los proyectos espaciales de la NASA, la industria de armamento y la de ordenadores, procuraron el apoyo necesario. En los años sesenta los japoneses comenzaron a reconocer que la microelectrónica iba a ser una tecnología clave del futuro e intentaron recuperar su retraso con respecto a Estados Unidos escudándose detrás de una barrera protectora levantada con trabas comerciales. Fueron motores de ese desarrollo la demanda que se desencadenó en torno a los productos de electrónica de consumo y el apoyo proporcionado por el dirigismo estatal. A mediados de los años setenta, los hijos del sol naciente tomaron la iniciativa en el perfeccionamiento técnico de los semiconductores. La industria de semiconductores norteamericana, que había dominado en solitario la microelectrónica durante un cuarto de siglo, fue afectada por primera vez por la irrupción de los agresivos japoneses. En poco tiempo, estos últimos elevaron su pequeña participación en el mercado de los chips de 16 K hasta el 40 %. Al

menos en el terreno de los circuitos de muy alto grado de integración, los europeos van retrasados con respecto a Estados Unidos y el Japón. En lugar de proceder en coordinación, se presta apoyo financiero a la supervivencia de entidades paralizadas que no fueron capaces de adaptarse al progreso técnico, por la propia incapacidad o por las duras condiciones exteriores. El economista italiano Bruno Lamborghini critica que las autoridades suelan imponer a las empresas limitaciones y reglamentos que obstaculizan el desarrollo sin establecer directrices a medio o a largo plazo. Por lo demás, no existe ningún modelo general del tipo de sociedad al que debe abocar el desarrollo dirigido de la microelectrónica y de las demás tecnologías de nuevo cuño. Es cierto que dentro del Mercado Común se está trabajando en la normalización: desde finales de los años setenta se ha puesto en marcha un programa de altos vuelos en apoyo del sector europeo de la informática; pero sigue siendo dudoso que la Europa Occidental logre coger en marcha un tren que salió hace tiempo.

Si los países industrializados, salvo Estados Unidos y Japón, están en una situación difícil frente al mercado de la información, los países en vías de desarrollo se encuentran ante una causa perdida, y quedarán retrasados sin remedio en la competencia tecnológica característica de la revolución industrial actual. Así, las tensiones Norte-Sur seguirán aumentando.

A la vista de estos profundos problemas, no es sorprendente que los economistas reclamen una reforma del ordenamiento internacional. Así lo expresa el informe Río dirigido al Club de Roma: «La crisis actual de la economía mundial y de las relaciones entre las naciones es una crisis de las estructuras internacionales. La causa de que ambos mundos hayan de ponerse de acuerdo es un sistema enfermo en sus fundamentos, que no puede curarse mediante una rápida intervención económica de primeros auxilios. No bastan las modificaciones marginales. Son necesarias reformas estructurales fundamentales, que den paso a un mundo en interdependencia creciente a partir del reconocimiento de la existencia de intereses comunes y relaciones mutuas.»

Sin una mejora de la situación económica mundial resulta impensable una reducción global del paro. Es preciso que se adopten, por lo tanto, medidas de ámbito nacional e internacional.

2. MICROELECTRÓNICA Y ECONOMÍA

Estados Unidos, el Japón y Europa en competencia por el mercado futuro de la microelectrónica

La microelectrónica es una tecnología clave del futuro. Quien vaya por delante en la investigación y el desarrollo en este sector podrá contar a largo plazo con un crecimiento económico mínimo de un 15 % anual.

¿A quién pertenecerá ese mercado? Para reducirlo a un común denominador diremos: la parte del león será para Estados Unidos, Europa Occidental y el Japón, y la posición dominante en cada terreno particular estará ocupada por uno de los tres bloques industriales en función del sector de aplicación.

Hagamos a continuación algunos pronósticos. En 1985, la producción de aparatos electrónicos debería dividirse del modo que sigue (fig. 70). Europa Occidental y Estados Unidos están casi en el mismo nivel, con más de 150.000 millones de dólares, seguidos del Japón con alrededor de 86.000 y del resto del mundo con unos 45.000 (si se añaden las aplicaciones militares, Estados Unidos se pone por delante de Europa Occidental). Al comparar Estados Unidos con la Europa Occidental hay que tener en cuenta que ésta tiene 400 millones de habitantes en números redondos, y que las poblaciones norteamericana y japonesa son, respectivamente, el 56 y el 30 % de esa cifra. Si se valora la producción por cabeza, Estados Unidos se pone por delante del Japón y de la Europa Occidental. Del mayor producto nacional bruto en relación con la población se desprende que Estados Unidos está por encima de la Europa Occidental en cuanto a tecnificación, y que la distancia se amplía si se toma como elemento de comparación a los países del sur de Europa.

En la técnica de datos, la producción de aparatos en Estados Unidos, aun considerada en términos absolutos, es casi el doble que la de la Europa Occidental, lo que se explica en primer lugar por el fuerte tirón de los viajes espaciales y la técnica militar (véase página 103). Pero en la técnica de las comunicaciones se hace sentir la mayor población de Europa, y en este sector el valor de la producción de aparatos electrónicos es más alto en el continente europeo que en Estados Unidos.

En el sector del ocio, la Europa Occidental y el Japón se sitúan por delante de Estados Unidos. Las razones son históricas en parte: mientras que en Estados Unidos se ponía el acento en el de-

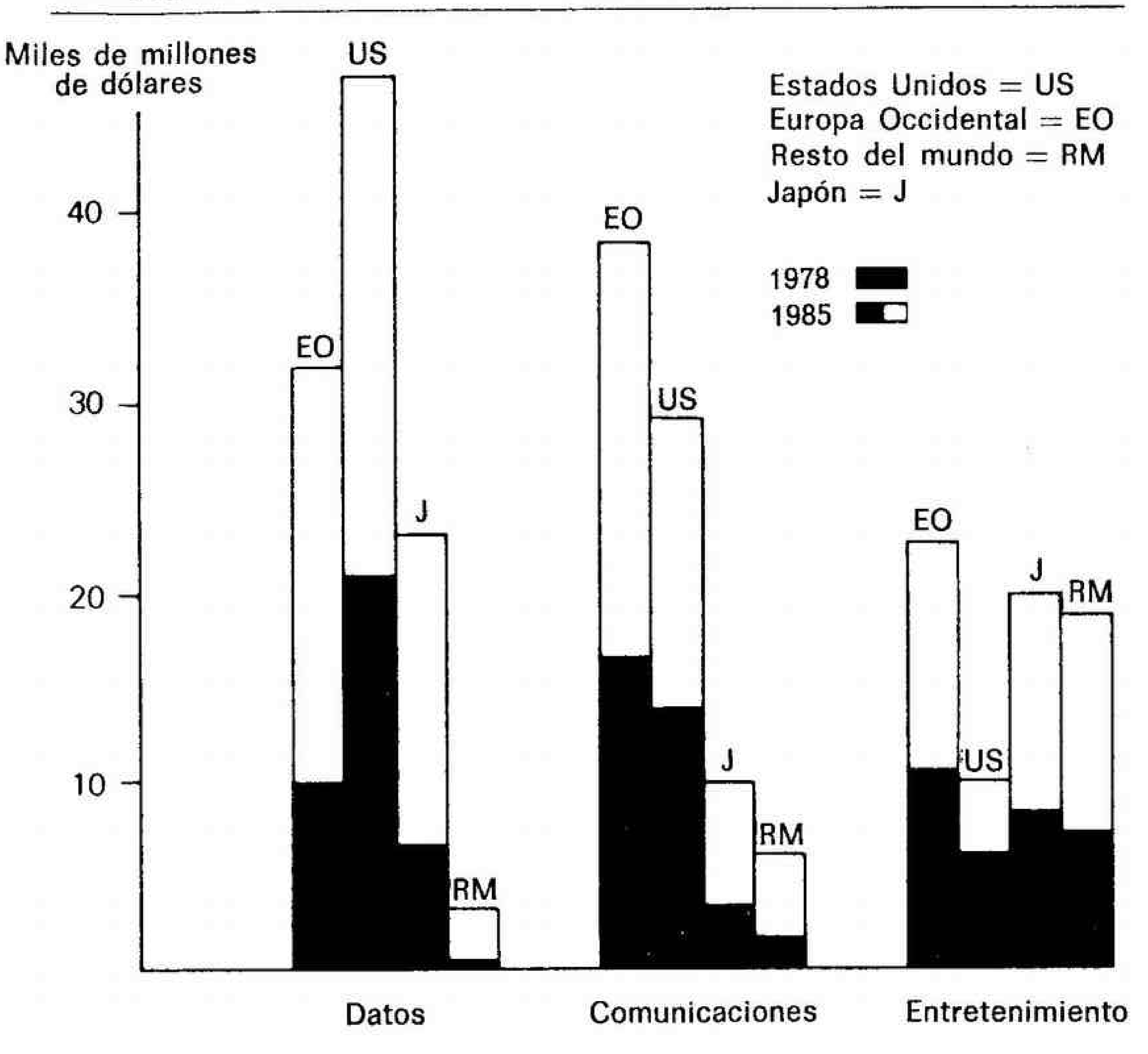


Fig. 70. Producción de aparatos electrónicos en 1978 y 1985 (por sectores).

sarrollo de grandes sistemas, en la Europa de la posguerra nació una especie de técnica individual. Los programadores de ordenadores del Nuevo Mundo se corresponden con los radioaficionados europeos de los años cincuenta. La posición destacada del Japón en el sector industrial del ocio parece deberse, sobre todo, a la industria fotográfica.

Veamos ahora las posiciones relativas en un componente microelectrónico importante, como es el de los circuitos integrados (figura 71). En este campo la producción de Estados Unidos (64 %) en 1980 aventajaba con mucho a la del Japón (25 %) y a la de la Europa Occidental (10 %). Por el contrario, en el terreno del consumo la

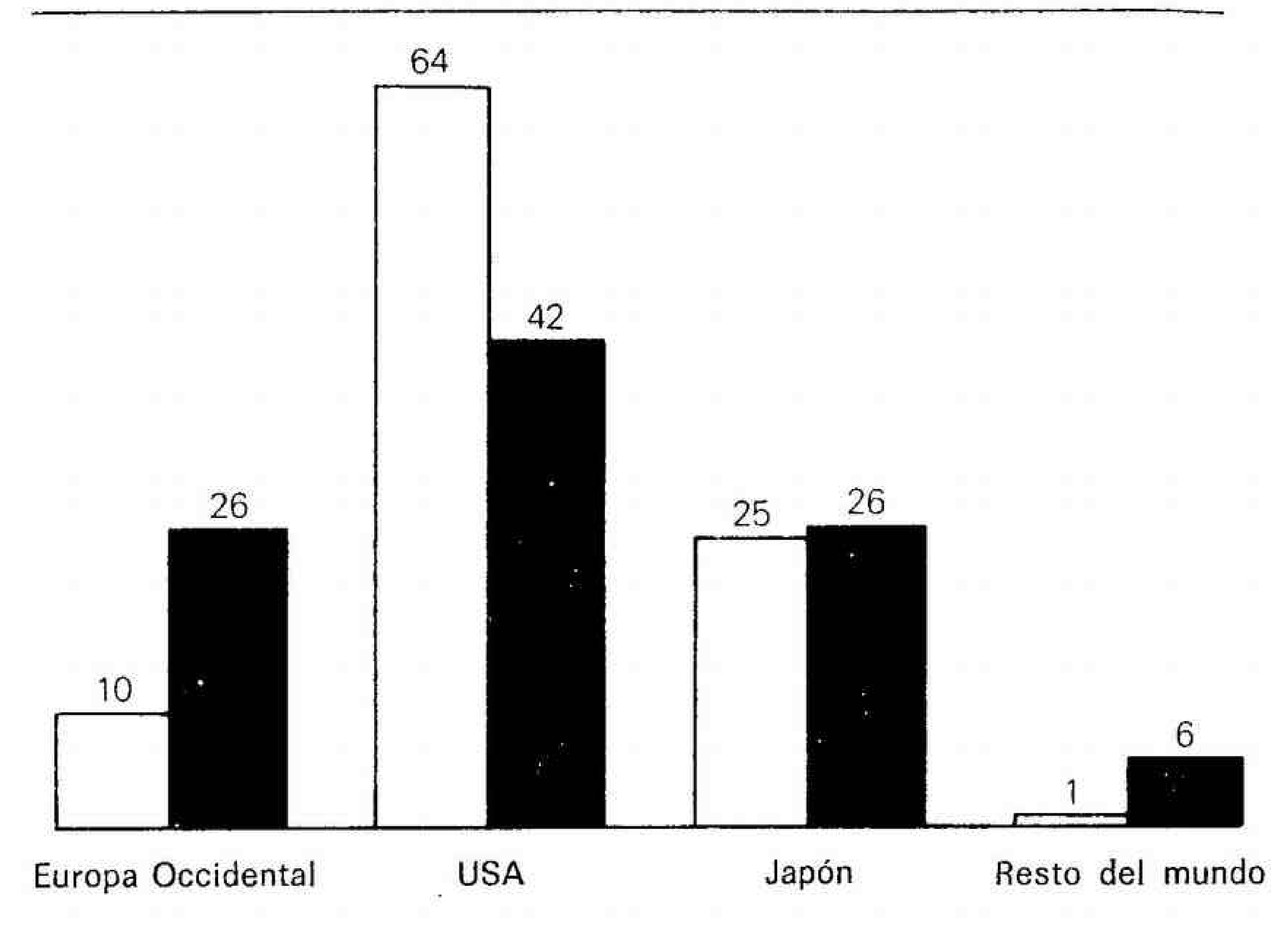


Fig. 71. Producción y consumo de circuitos integrados en 1980 (en tanto por ciento). Producción: columnas blancas. Consumo: columnas negras.

relación entre Estados Unidos y la Europa Occidental o el Japón es de 1,6 a 1. La división del mercado en el futuro dependerá en gran medida de que el Japón logre mejorar su competitividad con el desarrollo y comercialización de circuitos de más alta integración.

Las empresas se fusionan

Numerosos expertos esperan una marcha triunfal de la industria japonesa, que está concentrando medios considerables en los desarrollos microelectrónicos y se ha recuperado de forma notable frente a Estados Unidos en ese sector. Pero el gigante norteamericano también ha reaccionado. Para evitar la dispersión en la investigación fundamental se agrupó estatalmente a cierto número de empresas para formar un consorcio, compuesto por Control Data Corp., Digital Equipment Corp., Honeywell, NCR Corp., National Semiconductor Corp., Sperry Corp. y otras firmas. El objeto de

esta colaboración es la financiación de proyectos de desarrollo a largo plazo.

IBM, el mayor fabricante de ordenadores del mundo, adquirió hace poco por 250 millones de dólares el 12 % de las acciones del más innovador de entre los productores de semiconductores norteamericanos, la INTEL Corporation, y se aseguró al mismo tiempo una opción sobre un total del 30 % de las acciones. El gigante de la telefonía, ATT (60.000 millones de dólares de ventas anuales), anunció a comienzos de 1983 el inicio de una estrecha colaboración con el grupo holandés Philips en el campo de la telecomunicación pública. Se ha concertado la creación de una empresa filial común que venderá centrales de conmutación telefónica en los mercados internacionales fuera de Estados Unidos. El mercado mundial está, pues, en efervescencia. Bien es verdad que de las empresas alemanas se oye hablar poco en los últimos tiempos. Los especialistas intuyen que Siemens, por citar un ejemplo, podría perder terreno en la tecnología de semiconductores durante los años ochenta.

Al lado de tales conciertos y fusiones espectaculares, pasa más bien inadvertida la integración en el ámbito de las materias primas y del mercado final que muchas empresas están llevando a cabo. Los fabricantes de productos acabados crecen mediante la adquisición de empresas de semiconductores en el campo de los microcomponentes: la sustitución de piezas mecánicas por circuitos microelectrónicos está desplazando el valor añadido hacia estos últimos. Mediante la integración hacia atrás o la adquisición de compañías proveedoras, las empresas quieren recuperar ahora una parte del valor añadido perdido, y en ello representan también un papel importante las consideraciones de tipo estratégico. Por otro lado, los fabricantes de microelectrónica comienzan a irrumpir en el mercado de los aparatos y de los productos acabados, y sobre todo en el terreno del proceso de datos y de los usos lúdicos de la electrónica. Estos datos muestran una tendencia clara hacia una concentración creciente de poder en manos de los fabricantes de componentes.

A veces, la carrera tecnológica tiene también una dimensión política. Hace ya tiempo que Estados Unidos intenta reducir al mínimo las exportaciones de tecnología y de conocimientos hacia la Unión Soviética. Desde hace poco, las prohibiciones de exportación afectan también a las empresas europeas. Así lo pudo experimentar, por ejemplo, el centro de investigación de ciencias de la información y de la inteligencia artificial de la Universidad de Hamburgo cuando recibió un escrito del Information Science Institute californiano en el

que se le comunicaba que el lenguaje de programación recién desarrollado INTERLISP no podía ser suministrado fuera de Estados Unidos.

A la vista de esta evolución, también los europeos intentan fusionarse, si bien los particularismos y los problemas de normalización han impedido en buena medida que se hagan progresos por el momento. Como símbolo del escaso éxito obtenido por la colaboración europea puede tomarse el desarrollo del cohete portador europeo ARIANE. A 650 millones de dólares asciende la inversión de los once Estados miembros del organismo espacial europeo ESA en este proyecto, que ha de hacer la competencia al de la NASA. El lanzamiento tuvo que retrasarse varias veces, y fracasó en dos ocasiones.

Es frecuente que se eche la culpa de la falta de colaboración intraeuropea a los franceses, quienes se afanan por ser el primer violín del sector informático del continente; la fundación en París de un centro mundial de técnicas informáticas pone de manifiesto este espíritu.

Aunque el sector informático europeo multiplique su colaboración en los próximos años, no por ello dejará de seguir yendo a la zaga: a la fusión de empresas en Japón y Estados Unidos se unió en 1982 un eje investigador norteamericano-japonés. Sin armar mucho ruido, ambas potencias se pusieron de acuerdo en Tokio sobre recomendaciones relativas a la competencia, de tal forma que las empresas japonesas y norteamericanas podrán recurrir indistintamente a los medios nacionales de ayuda a los proyectos tecnológicos. A este notable experimento siguió un hecho sensacional: el gigante de los ordenadores IBM solicitó ante el MITI, ministerio de economía japonés, autorización para formar parte de la unión investigadora nacional que se ocupa del desarrollo de la quinta generación de ordenadores (véase pág. 74). Aunque las empresas de la competencia japonesa-californiana de IBM estaban demandadas por esta última ante los tribunales por supuesto espionaje industrial, el líder en el mercado mundial de los grandes ordenadores se decidió a la colaboración, en contra de su política anterior. Los japoneses se sintieron lisonjeados y creyeron ver en los nuevos desarrollos un reconocimiento de su posición tecnológica puntera. Estos convenios sobre investigación tienen también, de todos modos, un sólido trasfondo económico, y bien pudieran ser el inicio de la tremenda competencia de exterminio que se manifestará en los próximos años noventa.

La batalla por los medios de comunicación del futuro

También en otros sectores económicos es inminente una dura competencia. Como ejemplo procuraremos entresacar tres frentes en los medios de comunicación de masas: las entidades de radiodifusión y televisión, ahora en gran parte monopolísticas, y sus competidores; la lucha de los medios de comunicación impresos contra los medios electrónicos y la competencia sin cuartel entre las distintas formas de almacenamiento de la información.

Mientras que en Francia y en Italia, por citar dos países, se ha roto ya el monopolio de la radiotelevisión, en la República Federal de Alemania ese monopolio es muy discutido, pese a lo cual todavía muestra vigorosas señales de vida. Las empresas de televisión por cable, sin embargo, cavan ya bajo tierra, y en el cielo los satélites esperan enriquecer con programas de la competencia el paisaje de la información. Hasta cierto punto en su misma casa está creciendo un competidor: el videotex.

La financiación de la radio y de la televisión estatales se apoya en dos pilares esenciales. Uno está formado por las cuotas de los abonados, el otro por los ingresos proporcionados por la publicidad. En el caso británico, desde que hay televisión comercial ha descendido de modo considerable el beneficio de la BBC. Como consecuencia, a los políticos les resulta cada vez más difícil elevar las cuotas del abono.

Los ingresos por publicidad en televisión son afectados también en diverso grado por los nuevos medios. La publicidad en videotex será de gran interés en el futuro, en especial por su notable grado de actualidad. Como sea que en principio esta propaganda no actuaría más que en el mercado regional en la República Federal de Alemania, los ingresos de la ZDF, por ejemplo, cuyos anuncios tienen sobre todo un carácter suprarregional, apenas se verían alterados. Algo similar ocurre con la televisión local por cable. Por el contrario, la televisión por cable suprarregional y la televisión por satélite tendrán sin duda repercusiones en la situación financiera de la ZDF. A tal efecto, será decisivo que se impongan o no a los nuevos medios las mismas limitaciones publicitarias (frontera de las 20 horas, límite de los 20 minutos, etc.). Si éste no fuera el caso, la competencia resultará en indudable perjuicio de la ZDF.

Desde el invento de la imprenta, el papel es el medio preferido para la difusión de la información. Cuando en la primera mitad del siglo XX se hizo popular la radio, muchos contemporáneos vieron

en ella la ruina de los periódicos. También al introducirse la televisión se repitió el mismo pronóstico, que por lo demás no se ha confirmado hasta ahora: las tiradas siguen aumentando sin interrupción (un 20 % en los diarios entre 1970 y 1980). A la vista de este éxito, podría pensarse que periódicos, revistas y libros aguantarán también el desafío de los nuevos medios. Pero los editores lo dudan cada vez más. De los 313 minutos diarios que el ciudadano adulto emplea por término medio en el consumo de medios de difusión, sólo 38 se dedican a periódicos y revistas, 15 a libros y, en cambio, nada menos que 260 a la radio y a la televisión. Es probable, por varias razones, que esta relación se desplace en el futuro en detrimento de los medios de difusión impresos. Uno de los motivos reside en que los medios impresos son demasiado lentos. Desde el conocimiento de una noticia hasta su llegada al receptor transcurren en el caso de los periódicos seis horas, en el de las revistas especializadas semanas, y en el de los libros meses. Por el contrario, los medios electrónicos permiten estar presentes "en directo" en cualquier lugar del mundo, e incluso en el espacio. Un segundo motivo es que los medios impresos se hallan ligados al orden alfabético y al registro convencional. El hallazgo de una información concreta es mucho más eficiente en el caso del almacenamiento electrónico (véanse página 115 y ss.). La consecuencia es que los medios impresos se van haciendo más caros, mientras que los electrónicos siguen bajando los precios. «El papel es el talón de Aquiles de los medios impresos», dice Dietrich Ratzke. En todo el mundo se producen al año unos 25 millones de toneladas de papel de periódico, con un enorme consumo de energía y de materias primas.

Al igual que ocurre con las entidades de televisión, los periódicos y revistas viven de la venta de sus productos y de la publicidad (aunque muchos de ellos se mantienen con vida gracias a las subvenciones). Si consiguieran ofrecer sus productos con éxito a través del videotex, se abriría para ellos una nueva fuente de ingresos. Con los anuncios en videotex se arrebatará a los medios impresos un suculento bocado.

Así pues, el futuro de los medios de difusión en papel es más bien sombrío. Las mejores perspectivas, en términos comparativos, se le conceden al libro. Un hogar medio alemán gasta cada mes unos 55 marcos, unos 18 dólares, en medios electrónicos y 46 marcos, unos 15 dólares, en lectura (de éstos, 19 en libros). El 65 % de la población opina que dentro de cinco años seguirá leyendo o usando libros al mismo ritmo que ahora.

Pero la utilización futura de los medios de comunicación no dependerá sólo de condiciones económicas marginales: también intervienen los factores emocionales. En la posesión y utilización de periódicos, revistas y libros, dice Klaus Brepohl, del Instituto Alemán de Economía, «entran en juego lazos de prestigio y emocionales». Serían todavía medios de comunicación de un tipo especial. Pero no se sabe si también la generación siguiente, que se ha hecho mayor con los medios de comunicación electrónicos, conservará unos lazos tan fuertes.

En cualquier caso, mucho dependerá de que los editores consigan un puesto fijo en los nuevos medios como oferentes de información.

En lo que hace referencia al almacenamiento de información, en el futuro desempeñarán un papel cada vez mayor los medios electrónicos, sobre todo en los hogares. En la actualidad hay en servicio casi dos millones de grabadoras de vídeo en la República Federal de Alemania. A pesar de la variedad de sistemas existentes, perjudicial para el mercado, la nueva técnica de almacenamiento de imágenes se ha abierto camino. En los proximos años irán apareciendo videocassettes cada vez más pequeñas, y es probable que la confusión de modelos no compatibles continúe. Sin embargo, gracias a los precios en baja parece asegurada la utilización en gran escala. Por el contrario, la introducción del videodisco y del disco de láser está siendo muy lenta. Ambos son soportes ópticos de información de gran densidad de almacenamiento. Sobre su participación futura en el mercado se hacen muy diferentes pronósticos, y parece que no alcanzarán importancia apreciable hasta los años noventa. Junto con la televisión por cable y la televisión de pago, es previsible que amenacen el futuro del cinematógrafo. La variedad de posibilidades técnicas para el almacenamiento y la comunicación de información y las complejas relaciones económicas existentes, así como la considerable inseguridad en cuanto a su aceptación por la población, proporcionan bastantes dolores de cabeza al investigador de mercado en sus pronósticos. Por eso nos hemos contentado con resaltar de forma sencilla algunas interdependencias y sus posibles evoluciones.

Gigantes en el mercado mundial

Todo empezó con los Fúcar, una familia de Suabia cuya estirpe se puede remontar al siglo XIV. En el Renacimiento construyeron

empresas gigantescas, que con todo derecho pueden considerarse precursoras de los conglomerados transnacionales actuales, también llamados empresas multinacionales. Comerciaban con tejidos, metales y especias, trataban metales... e influían en política. Así, Antón Fúcar aseguró la elección de Carlos V con un donativo de 275.000 gulden a su hermano Fernando y con una pensión al arzobispo de Maguncia. Cuando poco después la Hansa protestó ante las autoridades fiscales imperiales por las prácticas monopolísticas de los Fúcar, y el emperador Carlos parecía haber olvidado quién había asegurado su elección, intervino Jacobo Fúcar con un escrito. Las reclamaciones de la Hansa fueron desatendidas.

También hoy en día, y aún más que nunca, las empresas multinacionales tienen los resortes del poder. Nuestro propósito es describir brevemente a las que son las mayores de entre ellas en el campo de la microelectrónica y de sus aplicaciones.

Aunque la ATT, la compañía telefónica norteamericana, no es (todavía) una empresa multinacional, con sus ingresos de alrededor de 60.000 millones de dólares no sólo se ha convertido en la mayor empresa de su sector, a gran distancia de las demás, sino que, junto con la gigante del petróleo Exxon, es la mayor empresa en términos absolutos. Más de un millón de empleados trabajan para ATT. El capital del conglomerado se estima en 140.000 millones de dólares y abarca el 90 % de las líneas telefónicas de Estados Unidos, de las centrales de conmutación, de las factorías y de los laboratorios de investigación. Sin embargo, el crecimiento ha experimentado un claro freno: después del proceso antitrust mayor de todos los tiempos, entablado por las autoridades de justicia norteamericanas, el elefantiaco conglomerado se dividirá en un tronco y siete compañías telefónicas regionales. Al mismo tiempo se desmonta el monopolio de ATT sobre las funciones de transmisión de la información. En cambio, la empresa podrá extenderse en el futuro hacia el sector industrial de los ordenadores y de la información. Lo que parecía una desposesión por orden del poder supremo del Estado podría hacer que la desmembrada ATT surgiera de sus cenizas: como ATT podrá vender ahora, además de redes de comunicación, aparatos telefónicos y servicios de información, muchos expertos profetizan ganancias gigantescas en los años noventa.

El séptimo lugar en la lista de las grandes empresas mundiales está ocupado por la International Business Machines, más conocida por las tres letras IBM. Los números fríos, 300.000 empleados y 34.000 millones de dólares de ventas en 1982, apenas expresan la

posición de hegemonía de la empresa. IBM disfruta de un monopolio mundial *de facto* en el sector de los ordenadores. Con excepción del Japón, donde la cuota de mercado de IBM sólo asciende al 25 %, en todos los demás países es el líder del mercado en ordenadores de gran tamaño, a enorme distancia de las demás compañías. IBM se puede permitir así desembolsar en investigación y desarrollo mil millones de dólares anuales. Cuando es necesario, se allegan fondos al mercado de capitales de ese mismo orden de magnitud en un par de semanas para llevar a cabo una inversión en un santiamén. A pesar de su gran tamaño, IBM se ha dotado de una sorprendente flexibilidad.

De modo similar al caso de ATT, durante los años setenta se siguió en Estados Unidos un proceso antitrust contra IBM por supuestas prácticas monopolísticas. A comienzos de 1982 fue sobreseído. La abogacía del Estado había capitulado. La continuación de un procedimiento tan costoso, decía la argumentación del sobreseimiento, no tenía sentido, pues las situaciones del mercado son cambiantes y no se podía aportar pruebas incontrovertibles sobre las prácticas monopolísticas. Pero también se insinuó otra razón: aun cuando IBM hubiera sido condenada, nadie hubiera sido capaz de dividir al gigante de los ordenadores de tal modo que las unidades resultantes fueran también viables.

También ante la Comisión Europea se ha presentado hace algún tiempo una demanda antimonopolio contra IBM. Asustadas por el informe Nora-Minc que, dirigido al presidente de la República francesa, se ocupaba de la informatización de la sociedad, las autoridades del Mercado Común ven en IBM el principal obstáculo para la constitución de una industria informática europea. Contra ello, la multinacional argumenta que es una compañía tan europea como Siemens o Philips. IBM da ocupación en Europa a más de cien mil empleados. De 1979 a 1982, invirtió 1.800 millones de dólares en establecimientos europeos.

Hasta ahora IBM se ha librado de escándalos llamativos como los que hicieron perder imagen durante años a conglomerados como Nestlé o Hoffmann-La Roche. No se puede decir lo mismo de la empresa que sigue a IBM en la lista mundial, ocupando el octavo lugar. La International Telephone and Telegraph Corp., ITT, se ha convertido para muchos en la quintaesencia de la "multinacional perversa". Más de 400.000 empleados administran unas ventas anuales de 20.000 millones de dólares. ITT no sólo se dedica al negocio de los teléfonos: también está involucrada en el sector hotelero (Sheraton), en los seguros (Hartford) y en otros sectores que nada tienen que ver con el objetivo inicial de la empresa. Fundada en 1920 por Sosthenes Behn, ITT hizo hablar desde el principio por sus duras prácticas empresariales. Poco después de haberse cerrado un procedimiento antitrust contra ella y de la consiguiente división del conglomerado, ITT provocó titulares en todo el mundo: se dio a la luz pública una nota confidencial que demostraba la relación existente entre el desenlace del procedimiento, favorable a ITT, y el apoyo masivo al partido republicano. En la misma época, ITT vio en peligro sus intereses por la subida al poder del presidente chileno Salvador Allende y proporcionó apoyo financiero a las maquinaciones de la CIA. Éste fue el motivo de que el senador norteamericano Church calificase a las empresas multinacionales de «quinta columna en la política internacional.» El asunto de Allende desencadenó discusiones sobre el papel de los conglomerados multinacionales. Los manifestantes desfilaron por las calles de Roma, París y Estocolmo y el término "multinacional" adquirió un sentido peyorativo.

Pero ni la cólera popular ni el dirigismo estatal podrán recortar el incremento futuro del poder de las empresas multinacionales: todavía hay gobiernos aferrados a los intereses nacionales, y ejemplo bien conocido de ello es la tantas veces demostrada paralización de las Naciones Unidas. Las empresas supranacionales son, en muchos aspectos, signo de una evolución que sitúa el internacionalismo y la concepción unitaria del mundo por encima de los egoístas intereses nacionales. La técnica de los ordenadores, de la información y de las comunicaciones es al mismo tiempo sustrato y motor de esa evolución.

3. FACTORES INHIBITORIOS

No sólo los folletos de los fabricantes de ordenadores, sino también los libros especializados sobre la técnica de la información y de las comunicaciones (telemática) se inspiran en las numerosas posibilidades de aplicación de la microelectrónica. En unos tiempos en que son tan populares la crítica de la técnica y el cuestionamiento de la ciencia, estos nuevos saberes forman por así decirlo una isla de bienaventurados en la que reina una fe desmesurada en el progreso, algo similar a lo que se puede recordar de aquellas promesas que circularon en los años cincuenta y que señalaban que la utiliza-

ción pacífica de la energía nuclear traería en breve la solución final de los problemas energéticos.

Embriagados por la capacidad técnica, se suele pasar revista por encima a los obstáculos de naturaleza técnica, económica y político-social que pueden cruzarse en el camino del desarrollo. En las páginas siguientes nos proponemos analizar los factores que actúan como freno en la extensión de la microelectrónica.

Los monopolios como freno

Como ya hemos visto varias veces, el crecimiento conjunto de las técnicas de la información y de las comunicaciones es característico de este alborear de la era informática. En Europa, casi todo lo que tiene que ver con la comunicación electrónica se halla bajo control monopolístico: la radiotelevisión, el correo y el teléfono son bloques de poder de control centralizado y su evolución tendrá una gran relación con la rapidez de aplicación de los avances técnicos. El sector de las telecomunicaciones y los correspondientes fabricantes de aparatos se plantean en la actualidad la necesidad de contar con productos microelectrónicos en más rápido incremento. Sin embargo, Juan F. Rada sostiene que «el inmovilismo de las administraciones postales es el más importante obstáculo técnico para la introducción de la informática en el sector de las telecomunicaciones». La causa de ello no es tanto un terco conservadurismo como el hecho económico de que para el establecimiento de redes de comunicaciones hace falta invertir miles de millones que sólo se pueden amortizar a lo largo de muchos años, mientras que por otro lado es conveniente desde el punto de vista económico pasar a sistemas más modernos. Naturalmente, esta afirmación no sólo es válida para correos y teléfonos, y puede extenderse a todos los casos de innovaciones que exigen abultadas inversiones. La obligación económica de amortizar no es raro que conduzca a desventajas frente a la competencia: así, los sectores japoneses del acero y de los automóviles imprimieron en los años sesenta y setenta, antes que un proceso paralelo se desarrollara en Europa y en Estados Unidos, un fuerte impulso a la racionalización, que les proporcionó en el mercado mundial un éxito exportador nunca imaginado. Tal vez los países industriales estuvieran demasiado acostumbrados a sus pingües beneficios y por eso les sobresaltó tanto la ofensiva del Lejano Oriente. A pesar de todo, tampoco los grupos industriales

más innovadores pudieron escapar a las leyes que acompañan a las inversiones de capital a largo plazo.

En muchos casos es difícil prever con exactitud cuál es el momento oportuno para una nueva inversión. Pensemos en la ampliación de las redes de cables en muchos países europeos. En 1983, ¿tiene sentido invertir miles de millones en la instalación de una red que trabaja todavía con líneas de cobre tradicionales cuando en unos pocos años va a ser rentable la técnica de la fibra óptica, que es una innovación revolucionaria, similar en las comunicaciones a la introducción de los circuitos integrados en la técnica de los semiconductores? Desde el punto de vista técnico puede parecer conveniente esperar a la madurez comercial de la fibra óptica; por otro lado, la televisión por cable compite con la televisión vía satélite. Aunque no hay que olvidar que también en economía vale el refrán "quien da primero, da dos veces", y no es raro que la espera equivalga a la pérdida de mercado.

De cualquier modo, la introducción de la técnica microelectrónica en las telecomunicaciones no depende solamente de las decisiones que tomen los poderes monopolísticos, pudiendo decirse que el desarrollo técnico dejará anticuado, antes o después, el principio del monopolio.

Creados en el siglo XVI como regalía imperial, los correos del Estado alemanes pierden significado al entrar la historia en la era de la telemática. De ahí que Klaus Haefner exija que «el actual control centralista y monopolístico de las telecomunicaciones por el ministerio de correos y por las entidades de radiotelevisión tiene que ser sustituido por una vigilancia directa, pública y democrática, con la simultánea liberalización de las posibilidades de acceso a la red para los distintos grupos de la sociedad». No es aceptable que continúe el control de las telecomunicaciones en manos de gremios que en último término se hallan lejos de la influencia parlamentaria y democrática. Existe el peligro de que las posibilidades de integración de las técnicas informáticas en las redes de telecomunicación no sean desarrolladas hasta el final porque los experimentos industriales y los proyectos piloto amenacen con fracasar a causa de la obligatoriedad de la autorización por la *Deutsche Bundespost* (Administración de correos alemana).

Siempre que la administración de correos no provoque distorsiones drásticas del mercado, en torno a las posiciones clave del negocio informativo de los años noventa las empresas medias podrían conquistar un lugar importante. Es lógico que los grandes conglo-

merados de medios de comunicación y las entidades de radiotelevisión no estén interesados en que la fabricación y la distribución de la información pueda pasar a un gran número de oferentes. Pero ni el monopolio radiotelevisivo ni la política restrictiva de concesión de frecuencias y canales de transmisión a través de la *Deutsche Bundespost* sobrevivirán a una querella ante el tribunal constitucional federal a la vista del desarrollo de la tecnología informativa, opina Haefner.

En Estados Unidos se han calzado ya las espuelas: en dos resoluciones que marcarán el futuro, las autoridades antitrust, con ocasión de los procedimientos seguidos contra el gigante de los ordenadores IBM y la compañía telefónica ATT, borraron las fronteras legales tradicionales entre los productores y los distribuidores de información. Por fortuna, el concepto de libre empresa en Estados Unidos tiene más peso que una política económica dirigista.

Escasez de «software»

Pero otros frenos de tipo técnico se oponen también a la marcha triunfal del chip: el desarrollo de un *software* cercano a los usuarios no se ofrece en el mercado al mismo ritmo que el nuevo *hardware*. Y un ordenador sin programas es como un automóvil sin combustible. Para la creación de esos programas hacen falta técnicos formados para ello, y no los hay en cantidad suficiente. Según las estimaciones, en Estados Unidos la demanda de programadores rebasa a la oferta en 50.000 personas como mínimo. Algo similar sucede en la Europa Occidental.

Un segundo problema es la escasa compatibilidad de los sistemas. Al igual que la multiplicidad de sistemas de vídeo obstaculizó su penetración en el mercado, también en muchos otros terrenos el "no-poder-hablar-con-otro" característico de ordenadores y programas de aplicación ha impedido la concreción de innovaciones. Aunque es cierto que en el campo de las grandes instalaciones de informática se da una situación especial gracias a la posición mundial dominante de IBM, que está en situación de dictar el diseño del sistema, en los ordenadores personales o en los procesadores de textos existe una variedad enorme de suministradores. Es comprensible que muchos fabricantes no estén interesados en absoluto en que sus productos sean compatibles con los de la competencia, y que en cambio deseen imponer la normativa de sus propias empresas. Pero estamos obligados a plantearnos si esa política tiene sentido a largo

plazo. El hecho de que los disketes en que se "escribió" este libro sólo pudieran ser procesados por aquellas editoriales que trabajaban con aparatos del mismo fabricante es capaz de desanimar a cualquier comprador potencial que desee cambiar a sistemas de tratamiento de datos. Bien es cierto que se puede conseguir la compatibilidad mediante programas traductores ("interfaces"); pero también aquí es palpable y determinante la escasez de *software*.

De todos modos, se está perfilando un rayo de esperanza: empresas punteras norteamericanas de módulos microelectrónicos, así como la ATT y algunos fabricantes de ordenadores, llegaron a un acuerdo para utilizar en el futuro el sistema operativo UNIX, en el que también parece estar interesada IBM. De esta forma podría limitarse la multiplicidad de sistemas.

En los bancos de datos científicos actúa la variedad como freno a la expansión. Consideremos que para consultar las memorias de información se precisa poseer un conocimiento exacto de su estructura, pero que un científico dedicado a la investigación no está en condiciones de dominar esos sistemas, y se podrá comprender que la variedad puede ser también descorazonadora. A primera vista quizá parezca insignificante, por ejemplo, que el comando de búsqueda sea diferente en cada banco de datos. Pero quien se está esforzando por conseguir la totalidad de la información en investigaciones bibliográficas tiene que acceder casi siempre a bancos de datos de distintos proveedores y en consecuencia necesita dominar varios lenguajes de consulta, impedimento notablemente incómodo en la práctica.

Cuando los ordenadores se averían...

Otra dificultad es que la información almacenada en soportes electrónicos no tiene por ahora la validez de un documento. Por consiguiente, en muchas actividades es necesario seguir llevando en paralelo un archivo documental aun cuando se haya cambiado al almacenamiento electrónico. Es frecuente también que se opte por la duplicidad por motivos de seguridad. Resulta imperativo conectar los ordenadores a una fuente de alimentación sin averías, ya que de otro modo pueden "venirse abajo" (existe la posibilidad de que los datos se borren por descuido, etc.). Por tanto, la tendencia a las averías en los sistemas de proceso de datos puede representar un obstáculo considerable. Según un estudio, las pérdidas económicas en 1988 por fallos en los sistemas de ordenadores podrían ascender a 2.600 millones de dólares en toda Europa. Alrededor del 40 % de

estas pérdidas se deben a la carga de datos erróneos con que se alimentó al sistema; un tercio resultan de averías y fallos funcionales del sistema, un 15 % se asigna a programas inadecuados, y el robo y el sabotaje son los responsables del resto (véase pág. 150). Cuanto más potente sea el almacenamiento electrónico y más se afiance la conmutación de la información, tanto más evidente será la vulnerabilidad de los sistemas. De cualquier modo, no está claro que fabricantes y creadores de aplicaciones se estén ocupando lo suficiente de prevenir las averías. Y es probable que en tanto no aumente la experiencia de utilización de la nueva técnica no se manifiesten aspectos negativos no conocidos todavía. Si los accidentes en los reactores nucleares encuentran amplio eco en los medios de comunicación, es concebible que en los años noventa den pábulo al nerviosismo noticias como «Atentado en ordenador bancario: diez mil cuentas borradas.» De manera muy especial, los fallos que no resultan de la técnica en sí misma, sino de su aplicación deficiente o abusiva, podrían levantar ante el desarrollo ulterior de la microelectrónica barreras como las que hemos padecido en los últimos años ante la ampliación de las centrales nucleares.

De hecho, la influencia de la microelectrónica en la estructura del mercado del trabajo se considera ya hoy en día como una traba. Al igual que el empresario ha logrado adoptar sus decisiones en el marco de un conflicto permanente entre lo posible desde el punto de vista técnico y lo conveniente en el plano económico, también la sociedad como conjunto ha de enfrentarse a la contradicción entre realidad técnica y realidad social.

Papel de los empresarios y de los sindicatos

La influencia de los sindicatos en el momento y demás circunstancias que concurrieron a la introducción de la máquina de composición con ordenador en el sector de la imprenta ilustra la importancia de las fuerzas politicosociales como factores inhibitorios. Muchos sindicatos reaccionan en términos defensivos a las innovaciones e intentan defender los intereses de sus miembros aun cuando las decisiones se hayan admitido hace ya tiempo. Sin embargo, las nuevas estructuras creadas por la técnica informativa y de las comunicaciones exigen también de los sindicatos una gran flexibilidad. Cuando las tecnologías de reciente creación modifican los tipos de actividad y conducen entre los distintos sectores a una necesidad de reciclaje para adaptarse a nuevos puestos de trabajo, también desaparecen las fronteras entre los sindicatos profesionales. Consecuencia de ello es que los sindicatos han de servirse cada vez más del asesoramiento de expertos para poder comprender los efectos de esas nuevas tecnologías. A este respecto, en Noruega se intentan abrir nuevos caminos: así, en 1975 se firmó entre la asociación de sindicatos y la organización de empresarios un acuerdo por el que se regulaba la forma de proceder en la introducción de los sistemas automatizados. Según el convenio, la parte empresarial ha de informar a los sindicatos lo antes posible sobre los cambios planeados y han de incluirse representantes sindicales en el proceso de planificación. Se concedió a los obreros el derecho a elegir representantes profesionales propios, con una formación técnica proporcionada, todo ello en el marco de los consejos empresariales de datos. También en la República Federal de Alemania están en primera línea los consejos empresariales, por cuyo intermedio los sindicatos hacen valer su información y su influencia ante la introducción de las nuevas tecnologías.

También nos podemos referir a la mentalidad empresarial como una barrera más. Como la introducción de la técnica microelectrónica no suele consistir en el mero intercambio de una máquina por otra, y la automatización controlada por microprocesadores exige en muchos casos una reorganización fundamental del proceso productivo, muchas empresas se oponen con escepticismo a la nueva técnica. Las investigaciones al respecto han demostrado que muchas de ellas no están lo suficientemente informadas sobre las posibilidades de aplicación. Pero los cambios estructurales inciden sobre las empresas al igual que sobre los trabajadores. Consideremos un caso concreto: hay grandes cadenas comerciales que desde hace años pretenden llevar por ordenador las liquidaciones y la gestión de almacenes. Hoy se encuentran ya en cualquier supermercado cientos de productos con un código de rayas que contiene determinada información cifrada sobre los productos, identificable en la caja por medio de un detector. Para las empresas comerciales se abren así nuevas posibilidades para una dirección eficaz del negocio. Pero sólo pueden implantar el nuevo sistema si sus proveedores están dispuestos a imprimir en los productos ese código de rayas. A los productores, el código no les acarrea en principio ninguna ventaja, más bien al contrario: proporciona una ventaja informativa a las empresas comerciales y en consecuencia actúa más bien en sentido negativo para las productoras (en el comercio de la alimentación, por ejemplo, existe un gran número de empresas productoras

por sólo unas pocas cadenas comerciales). El poder de la demanda en este sector se refuerza de modo considerable con los sistemas de proceso de datos, y no es de extrañar que pequeños empresarios y asociaciones sindicales reaccionen frente a esta evolución.

El defectuoso conocimiento de las oportunidades y dé los peligros de la técnica microelectrónica actúa como freno sobre el desarrollo no sólo en el caso de políticos, sindicalistas y empresarios, sino también en el del simple ciudadano, que se niega a tener que utilizar el videotex. Como veremos después, en la práctica las ciencias de la educación no se han dado por enteradas del desafío que supone la informática. La información de la población con respecto a la evolución futura de la telemática es defectuosa y, como ocurre siempre que el hombre no comprende algo, el miedo se difunde con facilidad. Los sistemas que inducen al cambio suscitan resistencias cuando no se sabe hacia dónde conducen.

4. LA MICROELECTRÓNICA Y EL TERCER MUNDO

La técnica de los satélites reduce nuestro planeta al tamaño de una aldea: una tela de araña en torno a la Tierra, realizada a base de enlaces de comunicaciones electrónicas, permite que las noticias circulen en cuestión de segundos por todo el globo. La era de la información preludia también, desde el punto de vista simbólico, una nueva etapa en el modelo mundial. La búsqueda por las Naciones Unidas de una reforma del orden internacional, el diálogo Norte-Sur y, no en último lugar, los informes del Club de Roma, ejemplifican la conciencia creciente de habitar un planeta que debe estudiarse como una unidad. El futuro de los países industrializados no puede contemplarse ya sin prestar atención al desarrollo de los países del Tercer Mundo, y los problemas de estos últimos no dejan de proyectar su sombra sobre los países industrializados.

En la Europa del siglo XIX, los trabajadores empezaron a luchar por sus derechos. El movimiento socialista marcó el fin del feudalismo y el comienzo de la actividad sindical. Bajo la bandera del socialismo, se intentaba estrechar el abismo entre ricos y pobres. Si entonces se trataba de diferencias sociales entre grupos de población dentro de cada país, hoy en día toman el relevo los conflictos entre países pobres y ricos en pos de una nueva dimensión en la persecución de la justicia social. En las páginas que siguen queremos preguntarnos en qué medida influye la microelectrónica en esta evolución. Ya hemos visto que modifica en profundidad la estructura económica y social de los países industriales. También altera las relaciones de competencia entre los países industrializados, tanto entre aquellos que pueden mantenerse al día gracias al desarrollo de la microelectrónica como entre los que han perdido el tren. Antiguos imperios como el de Gran Bretaña pueden convertirse así en los países en desarrollo del futuro, mientras que países ahora subdesarrollados, como la India, China o Brasil, es posible que den el salto hacia la era de la información.

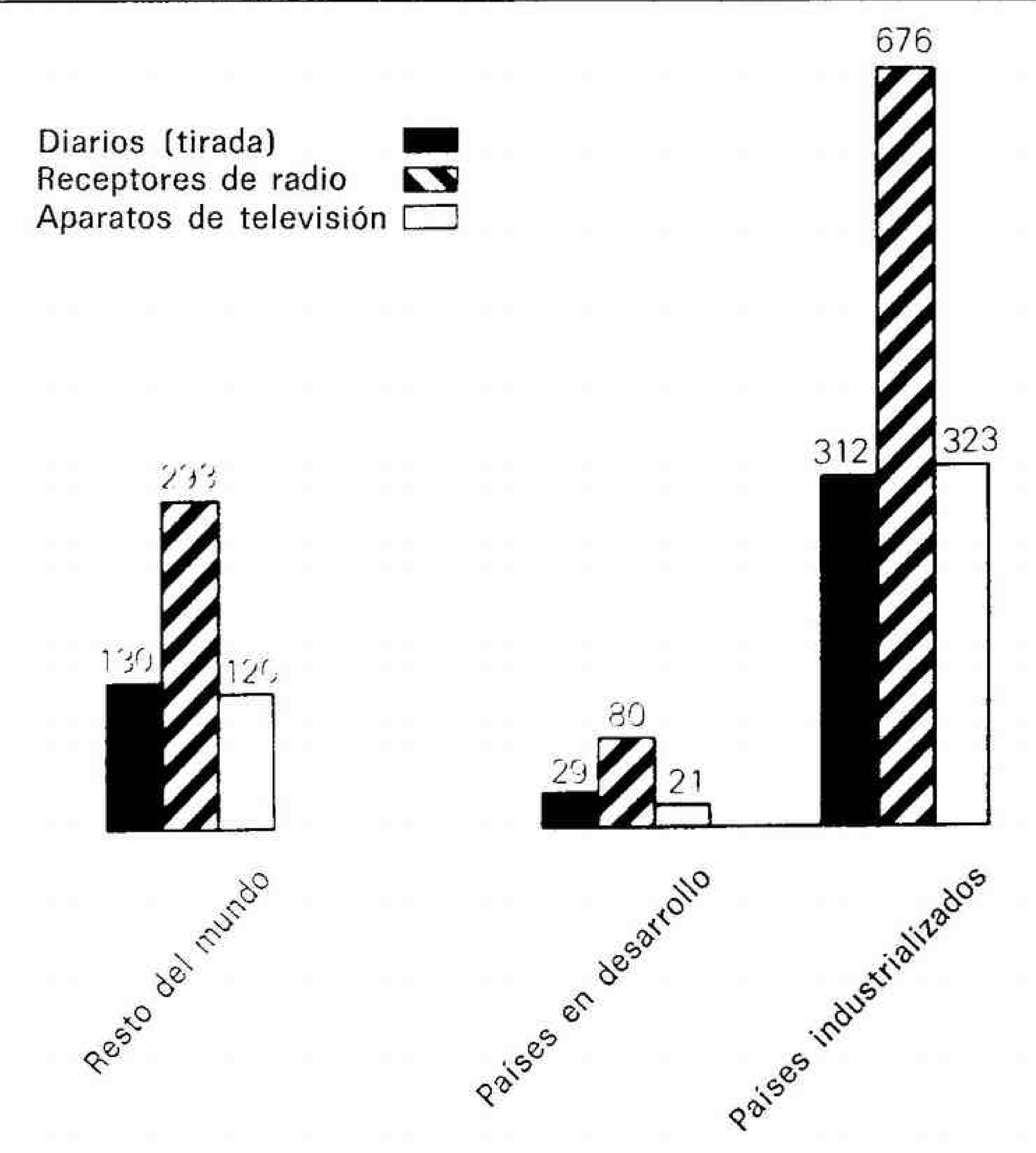


Fig. 72. Difusión de los distintos medios de comunicación (número de unidades por mil habitantes).

No esperaremos a decirlo: la moderna técnica de la información y las comunicaciónes ahondará aún más, según todas las previsiones, el abismo existente entre países pobres y ricos. La empresa consultora Diebold estima que la participación de Estados Unidos, el Japón y la Europa Occidental en el parque mundial de aparatos de procesamiento de datos asciende al 80 % del total. Algunos grandes bancos occidentales disponen actualmente de una mayor capacidad en ordenadores que toda la India. Por otra parte, los países en vías de desarrollo no participan más que en aproximadamente un 10 % de las ventas en equipos de telecomunicación y el mercado global de la electrónica viene a ser igual al producto nacional bruto de toda África. Otro tanto puede decirse en lo que hace referencia al suministro de información: en los países industrializados hay, medido en relación con la población, un número de televisores veinte veces superior al existente en los países del Tercer Mundo. En los países ricos se tiran 312 periódicos por mil habitantes, mientras que la cifra es de sólo 29 en los países en desarrollo (fig. 72). El 83 % de la producción mundial recae en los países industriales. Cuanto más íntima es la dependencia de la infraestructura económica con respecto a la electrónica, tanto más agudas se manifiestan estas desigualdades. Si bien la técnica microelectrónica está entrando en el Tercer Mundo, sus beneficios son escasos: «La variedad de aparatos y productos electrónicos es probable que alcance a una escasa minoría, que bien pudiera estar constituida por la clase superior urbana y por una parte de la clase media. La aplastante mayoría de la población no conoce ni los resultados ni las ventajas de estos aparatos. Mientras los países ricos se mueven hacia la integración de miles de componentes en cada chip, en África sólo una de cada dieciocho personas tiene una radio. La revolución del transistor, que desde hace casi treinta años marca el desarrollo de la electrónica actual, ni siquiera ha empezado todavía» (Juan F. Rada).

En las centrales de conmutación de la potencia informativa

Ya en el pasado, la geopolítica de la transferencia de información desempeñó un papel decisivo. En el imperio de Alejandro Magno y en el imperio romano, un sistema de comunicaciones en buen funcionamiento era la columna vertebral de la conservación y la extensión del poder. También el capitalismo de la época colonial fue en gran parte un sistema de información bien ideado. Las redes de comunicación existentes en el siglo XIX surgieron del sistema imperial

y constituyeron al mismo tiempo un apoyo decisivo para el desarrollo del capitalismo internacional. Los mismos Estados que controlaban el transporte a lo largo y ancho de los continentes fueron también los dueños de las primeras redes que se encargaron de difundir por el mundo información a través del telégrafo y los periódicos. Europa y, más tarde, América del Norte son los centros de gobierno de esta red informativa.

En 1835, el francés Charles Havas fundó la primera agencia de noticias. Dos de sus empleados, Paul Julius Reuter y Bernhard Wolff, crearon algo después oficinas similares en Gran Bretaña y en Alemania. Hoy en día, las cuatro agencias de noticias mayores del mundo ponen en circulación unos 30 millones de palabras diarias (fig. 73).

Las mayores agencias, a gran distancia de las demás, son Associated Press y United Press International, ambas domiciliadas en Estados Unidos. Casi todo lo que se publica en las secciones de noticias internacionales de los medios de comunicación de masas ha pasado antes por el filtro de las agencias de prensa norteamericanas. Solamente un puñado de diarios de ámbito nacional pueden permitirse hoy el concurso de una red internacional de corresponsales. Los periódicos de los países en vías de desarrollo dependen en gran medida de las noticias que obtienen de las agencias de las superpotencias. Cuando un periódico indio da cuenta de un suceso en Brasil, la noticia ha sido difundida, con una probabilidad rayana en la seguridad, a través de una agencia francesa, británica o norteamericana. La visión del mundo y el modo de juzgar de los europeos occidentales y de los norteamericanos se exportan así millones de ve-

Agencia	Número de usuarios (prensa)	Número de palabras difundidas al día
AP (USA)	1.300	17 millones
UPI (USA)	7.079	11 millones
REUTERS (GB)	6.500	1,5 millones
AFP (F)	12.000	3,25 millones
TASS (URSS)	13.000	—
DPA (RFA)	—	115.000

Fig. 73. Producción de información por las agencias de noticias.

ces a los países del Tercer Mundo. También la selección de las noticias refleja las posiciones tradicionales de Occidente. La mayor parte de los comunicados se ocupan de novedades ocurridas en las naciones industriales, en tanto que los países en vías de desarrollo cobran protagonismo casi siempre cuando hay que informar sobre catástrofes u otros aspectos denigrantes de cualquier clase. Todo el mundo sucumbe así al periodismo sensacionalista de cuño occidental; el hecho de que la agencia soviética de noticias TASS enriquezca el cuadro con propaganda política sólo modifica esta afirmación en un aspecto secundario. Es cierto que desde 1964 la agencia Inter Press Service intenta extender una nueva concepción de la corresponsalía por los países del Tercer Mundo, y que desde 1976 existe la denominada Non Aligned Newspool, que agrupa 85 naciones y quiere revalorizar los intereses de los países en desarrollo. Pero el radio de acción de estos medios de difusión es limitado.

A la dependencia de todo el mundo con respecto a Estados Unidos en el sector de los ordenadores se une también, por lo tanto, el dominio informativo de esta gran superpotencia. De ahí deriva la imposición de un estilo de vida norteamericano simbolizado por la Coca-Cola, los pantalones vaqueros y McDonald's; la penetración se acentúa más aún mediante la hegemonía absoluta en el terreno de la cinematografía y en el de la publicidad. El cártel de sociedades cinematográficas existente desde 1920 en Hollywood ha llegado a dominar un país de economía tan potente como Canadá: la empresa estadounidense Paramount posee tres de cada cuatro salas de cine y todos los intentos de instituir una cultura cinematográfica propia en Canadá han fracasado.

La publicidad ha sido, en una perspectiva histórica, un motor importante en la evolución de los medios de comunicación hacia una pérdida de la dependencia con respecto a regímenes y partidos. El negocio de los anuncios fue así la base de la corresponsalía objetiva. Pero esta evolución se produjo casi exclusivamente en los países industriales. Hoy en día, la industria publicitaria norteamericana domina en todo el mundo: las doce mayores agencias de publicidad de Estados Unidos son una por una las doce mayores agencias de publicidad mundiales. También en la República Federal de Alemania, en Francia y en Gran Bretaña, la mitad aproximada de las grandes agencias de publicidad pertenecen a empresas norteamericanas, como McCann-Erickson, Ogilvy, Benson & Mather, etc.

Estos números presentan dos vertientes: por un lado, el dominio informativo, que hasta la Segunda Guerra Mundial estaba en manos

de la Europa Occidental, se desplaza a Estados Unidos; por otra, la tecnología moderna de la información y de las comunicaciones hace posible una reafirmación de ese dominio. Y ello no sólo porque los mayores fabricantes mundiales de ordenadores y las mayores empresas de electrónica estén domiciliadas en Estados Unidos, sino porque al mismo tiempo propagan su visión particular del mundo. El control de la tecnología de satélites abre a Estados Unidos oportunidades todavía más amplias y hasta ahora incontroladas (que también aprovecha sin límite alguno la Unión Soviética): los espías celestes LANDSAT I a IV observan día y noche cada mancha de nuestra Tierra, reúnen datos, hacen prospección de recursos naturales y transmiten esta información a sus estaciones terrestres. Las empresas norteamericanas pueden tener acceso a esta información invocando la *Freedom of Information Act*, pero los gobiernos de los países observados no tienen ningún derecho a ella. Si hoy en día un Estado, por cualquier motivo que sea, desea mantener en secreto el hallazgo de nuevos recursos naturales o la situación de sus cosechas, estos planes serán desbaratados por el sistema LANDSAT.

¿Flujo de información libre y equilibrado?

Así pues, la problemática del flujo de datos que trasciende fronteras se ha convertido en estos tiempos en un tema político candente. Fue el presidente de la República de Finlandia Kekkonen quien en mayo de 1973 puso en marcha, con un ardiente discurso, el movimiento para la creación de un nuevo orden informativo internacional: «El flujo de información entre las naciones es en gran medida una calle de dirección única», dijo el político. Así como en el siglo XIX hubo de conquistarse la libertad de prensa en Europa, se empieza a clamar ahora por "un flujo de información libre y equilibrado". Un comité de la UNESCO, bajo la presidencia de Sean McBride, hizo que esta problemática se discutiera en las Naciones Unidas. En el año 1978, con motivo de una conferencia de la UNESCO, se aprobó una declaración sobre los medios de comunicación que elevó al rango de doctrina de la ONU el lema *free and balanced flow of information*. Sobre esta cuestión se ha dicho y se ha escrito mucho desde entonces. La característica principal viene subrayada por una contradicción: si el flujo de información es libre por completo, ya hemos visto que no se sujeta a equilibrio alguno, y si se quiere lograr un flujo de información equilibrado a partir de la

situación actual, es obvio que será preciso limitar esa libertad mediante la normativa correspondiente. El concepto presupone además que la idea de libertad de prensa se entronizará también en los países del Tercer Mundo, proyecto que muchos de ellos tratarían de evitar a cualquier precio. Pero la discusión demuestra que ha tenido lugar en todo el planeta un proceso de concienciación que ni está concluido ni permite estimar en este momento si abocará en algún tipo de oposición al dominio informativo de los países occidentales.

Los países en vías de desarrollo están siendo afectados además en todo su desarrollo económico por la microelectrónica. El clima de intensa competencia en que se desenvuelve el sector electrónico exige estrategias eficientes de producción y de marketing. En los años sesenta y setenta, ello condujo a la creación de numerosas empresas en los países de salarios bajos con vistas al montaje de componentes microelectrónicos y de otros artículos. Pero desde 1978 la tendencia apunta a realizar de nuevo el ensamble en los mismos países industriales, sobre todo porque los costes salariales son menos significativos ahora que antes: en la era de la automatización, el trabajador no es ya la fuerza de trabajo más barata.

Al mismo tiempo, muchas empresas extranjeras abandonaron países asiáticos como Hong Kong y Singapur que, entre tanto, habían encarecido sus costes, y se reinstalaron en otros países como Tailandia y Filipinas. De cualquier modo, en conjunto, la creciente miniaturización ha conducido a un retorno de las plantas de fabricación hacia los países industriales. Si en 1965 una cadena de producción de circuitos integrados costaba alrededor de un millón de dólares, en 1980 había que contar ya con 40 ó 50 millones. La participación cada vez mayor del capital frente a un componente salarial menor fortaleció así la polarización de la división internacional del trabajo en perjuicio de los países en vías de desarrollo.

En la medida en que las ventajas económicas están cada día más determinadas por la ciencia y la técnica que por las materias primas, la energía o la situación geográfica, la estructura del producto bruto se desplaza. Al fin y al cabo, son menos decisivos los costes de materias primas y energía que el *know-how* incorporado. Si se piensa en las abisales discrepancias existentes entre Norte y Sur en el terreno del desarrollo técnico-científico –la aportación de los países en vías de desarrollo a las inversiones mundiales en estos campos supone alrededor de sólo un 3 %–, se llegará a la conclusión de que el desplazamiento de la producción bruta ampliará aún más la distancia entre las naciones.

Esta tendencia agudizará también las tensiones sociales en los propios países en vías de desarrollo. El técnico en proceso de datos se contrapone al *fellah* que no sabe leer ni escribir, y el funcionario armado de ordenador al habitante hambriento del suburbio. «Si los países en desarrollo utilizan la informática como tecnología importada en bruto, sustraerán a sus ciudadanos la posibilidad de adquirir por sí mismos capacidades cognoscitivas, que serán ya superfluas antes de ser transmitidas al pueblo. Con ello se cercenan los desarrollos culturales "orgánicos".» En estas circunstancias, opina Klaus Haefner, son cada vez más probables las acciones desesperadas de los países en desarrollo y de sus ciudadanos.

Un embargo no sería realizable ni modificaría la situación en sus fundamentos. Importa mucho más implantar una informática descentralizada, de modo que pueda utilizarse en la base. Para ello será menester el empeño común de todos los países, los industrializados y los que se hallan en vías de desarrollo, para guiar la evolución en este sentido.

5. ¿ESTÁ LLAMANDO A LA PUERTA «1984»?

La microelectrónica se ha aposentado ya por todas partes en la economía y en la sociedad. La lenta conquista de los distintos campos de nuestra civilización ha alcanzado ya, aquí y allá, la conciencia del público, pese a lo cual la mayor parte de la población no es consciente de la verdadera influencia de la técnica microelectrónica. Sin embargo, el instinto nos dice que las modificaciones inducidas son profundas y que dentro de poco saldrá a la luz del día su enorme trascendencia. De aquí se deduce la impresión más o menos consciente de estar expuestos a una evolución que se halla fuera de nuestro control. No es de extrañar que la angustia se difunda por vía subliminal, ante un desarrollo que no podemos gobernar, porque ni sabemos adónde nos lleva ni conocemos el mando que podría servir de gobernalle. Angustia también ante un desarrollo técnico cuya dinámica propia podría convertir al hombre en esclavo de esta técnica, aunque el propósito inicial fuera ponerla a su servicio. Angustia, por último, ante un mundo repleto de ordenadores, tan perfecto que sólo deja lugar a la aventura en la fantasía (siempre que sea tributaria de un ordenador, como en los juegos electrónicos), pero al mismo tiempo tan vacío de sentimientos que la pre-

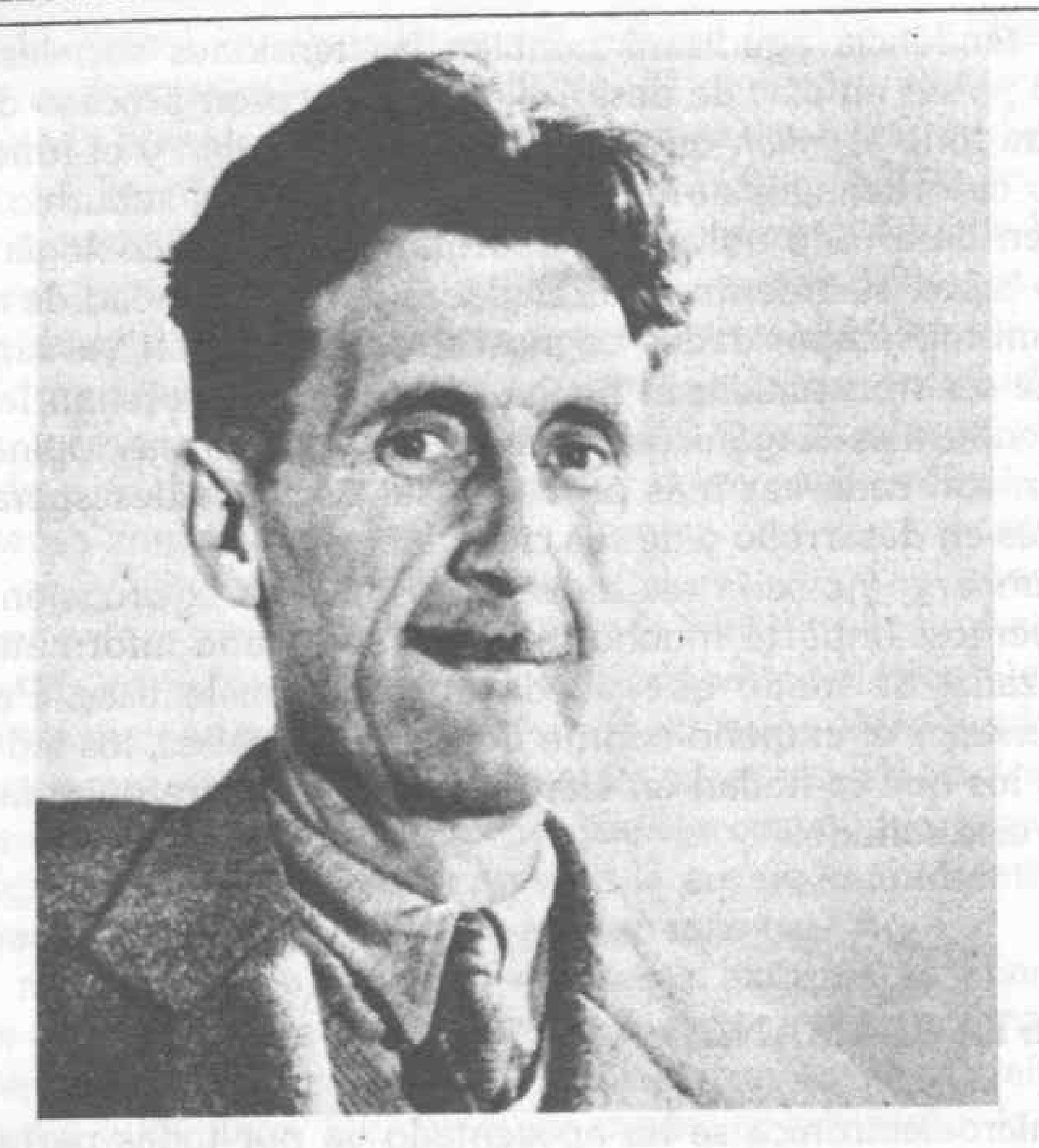


Fig. 74. George Orwell (1903-1950).

gunta sobre el sentido de la vida se diluye en cálculos matemáticos acerca de la vida útil de los hombres-máquina.

Quien considere demasiado irreal el cuadro que pintan las películas de ciencia-ficción, donde el hombre lucha contra una máquina inteligente superpoderosa y esta última logra la victoria total, podrá aceptar las visiones apocalípticas, mucho más comprensibles, que sugiere un nuevo totalitarismo en el marco del cual una clase dominante abusa del ordenador para sojuzgar a la población. El fantasma del Gran Hermano, bosquejado ya en 1948 por el escritor inglés George Orwell, puede concretarse ahora, al menos en el aspecto técnico. Inspirado en informes sobre el sistema soviético y el Estado hitleriano, Orwell pintó un mundo inhóspito, donde los aparatos dominan sobre el hombre y un Gran Hermano controla a toda la Humanidad. La revista *Der Spiegel* escribe al respecto: «La novela

1984, ideada como advertencia y escrita como sátira, fue la conversión a lenguaje cifrado de todo lo que en el mundo se ha inventado en el terreno del totalitarismo y la vigilancia de las personas, del terror despótico y la burocracia, de la mentira oficial y la manipulación de la verdad histórica, de los horrores psíquicos y la dignidad humana lastimada, de la aniquilación de la liberalidad y de la personalidad, del amor o de la religión.»

Cuando George Orwell escribió su "utopía en forma de novela" en la soledad de una pequeña isla de la costa occidental de Escocia, pretendía mostrar adónde podrían conducirnos las ideas totalitarias de muchos contemporáneos suyos. «Nos movemos con casi mortal seguridad», dice Orwell, «hacia una época de dictadura totalitaria, hacia una época en la que la libertad de pensamiento será primero un pecado mortal y luego un concepto abstracto. El individuo pensante por sí mismo será suprimido.»

La controlabilidad del ciudadano

La técnica ha rebasado con mucho a Orwell. En el mundo industrializado, las informaciones sobre cada ciudadano se almacenan en docenas de bancos de datos. Los métodos de vigilancia de las personas son mucho más sofisticados que los de la "policía del pensamiento" del Gran Hermano. El control electrónico no se pone en práctica sólo en las unidades de cuidados intensivos, sino también en la vida diaria. Y no estamos pensando, ni mucho menos, en las tomas por radar que ponen en evidencia a los transgresores de las normas de tráfico, ni en los monitores de televisión que descubren a los rateros en los grandes almacenes. El control potencial se deduce más bien del hecho de irse reuniendo todos los datos del individuo, desde la cuna hasta la tumba, y de existir la posibilidad de comparar entre sí unos ficheros con otros: hoy más que nunca, el conocimiento equivale al poder.

La administración del Estado posee en la actualidad posibilidades de control que no podrían haber soñado un Hitler o un Stalin. Aunque por el momento se emplean contra los terroristas y sus compañeros de viaje, bastaría un solo paso para extenderlos a las minorías desagradables. Esto es lo que piensa Alexander King, de la Federación Internacional de Institutos de Altos Estudios, con sede en París: «Para el caso de que deseen hacer de verdad una nueva revolución en la economía y en la sociedad, sus agentes han creado ya células

en todos los campos económicos y sociales, y se siguen infiltrando en toda la estructura social.»

O en la visión de George Orwell: «A lo lejos, un helicóptero zumbaba entre los tejados, se quedaba un momento colgado en el aire como un moscardón y luego se lanzaba otra vez en picado. Era la patrulla de la policía, encargada de vigilar a través de las ventanas. Sin embargo, las patrullas eran lo de menos. Lo que importaba verdaderamente era la policía del pensamiento.

»A la espalda de Winston, la queda voz del televisor seguía parloteando acerca del hierro fundido y el cumplimiento, por encima de los objetivos marcados, del noveno plan trienal. El televisor era a la vez receptor y transmisor. Cualquier ruido que hiciera Winston y que fuera superior a un susurro sería registrado por el aparato. Además, mientras permaneciera dentro del radio de visión de la placa metálica, podía ser visto a la vez que oído. Por supuesto, no había manera de saber si a uno le contemplaban en un momento dado. Lo único posible era imaginarse la frecuencia y el método que utilizaba la policía del pensamiento para conectarse a un aparato privado. Existía de hecho la posibilidad de que todos estuvieran vigilados en todo momento. De cualquier modo, podían controlar un aparato cuando lo desearan. Había que vivir con el convencimiento, y a ello se acomodaba uno por instinto, de que cualquier ruido que se hiciera era escuchado también por ellos y de que, excepto en la oscuridad, todo movimiento era observado.»

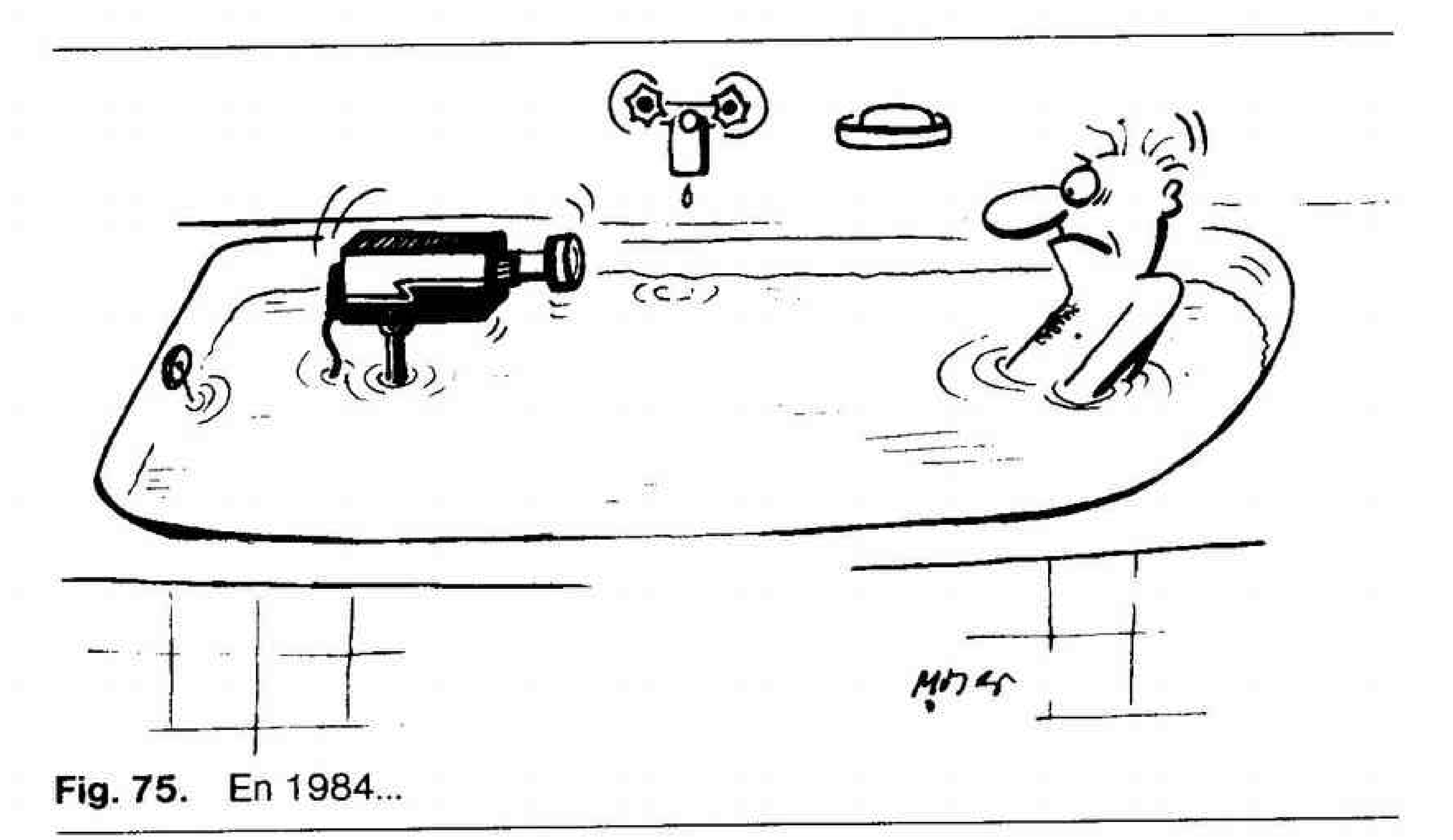


Fig. 75. En 1984...

El televisor de George Orwell es el símbolo de la omnipresencia del Gran Hermano, que gobierna el Estado de Oceanía. Los aparatos de vigilancia de esta clase se emplean ahora por principio cientos de miles de veces, en bancos, grandes almacenes, en las entradas de las casas, etc. Por añadidura, el televisor se usa también en la televisión bidireccional por cable y en el videotex: un ordenador central instalado con fines de facturación registra cualquier película que el usuario de la televisión de pago encarga por su teclado y cualquier información que el cliente de videotex solicite. Si se emplea la comunicación bidireccional para los sondeos de opinión, se hace constar también la opinión política del ciudadano (aunque se asegure que tales datos "se anonimizan" en el ordenador, siempre se pueden memorizar los datos en relación con las personas, lo que implica por lo menos una considerable tentación de utilizarlos en la ocasión propicia). En Estados Unidos, las empresas de televisión por cable sopesan la conveniencia de instalar en todos los hogares un monitor opcional de modo que los diálogos que hasta ahora tenían lugar por el método de preguntas y respuestas por teclado se hagan "más vivaces". De esta forma sería posible enfocar a cualquier televidente en los debates televisivos. La única y fundamental diferencia con el televisor de Orwell radica en que este último estaba conectado día y noche, quisiéralo o no el ciudadano. Por el contrario, nosotros todavía podemos desconectar a nuestro antojo el aparato.

Por otra parte, no quedan muchas dudas acerca de que el proceso electrónico de datos es un potente motor para la burocratización progresiva de nuestra sociedad y por tanto significa, en último término, un incremento del poder del Estado. Klaus Lenk, profesor de Administración en la Universidad de Oldenburg, considera imparable la burocratización de la sociedad con ayuda de la microelectrónica. No puede evitarse la vulnerabilidad social por efecto del riesgo técnico, dice Lenk, pues la enorme magnitud y complejidad de muchos sistemas de información son causa a su vez de la vulnerabilidad técnica. Se han desarrollado muchos sistemas con una dependencia mutua muy alta sin que antes se diera solución al problema de las medidas de protección necesarias para solventar un gigantesco fraude o un asalto armado, o se estudiara qué tipo de redundancia es menester para que toda la red o una parte de ella pueda volver a entrar en servicio en caso de necesidad. Ya ha quedado suficientemente claro en la discusión sobre las centrales nucleares (término clave, "Estado atómico") que la moderna técnica precisa

también muchas veces de una rigurosa vigilancia policiaca. La informática, dice Lenk, suministra ahora la tecnología adecuada para la estabilización de la sociedad y para la expansión del poder burocrático. «Los efectos demostrados de la informática culminan sin duda en la elevación del grado de influencia de las grandes organizaciones y en unas mejores oportunidades para la supervisión del comportamiento de individuos y sistemas sociales, sea dentro o fuera de las organizaciones. A ello se agrega la creciente facultad de anticipar el comportamiento futuro de individuos y sistemas sociales o de predecir cómo serán más fáciles de manipular.»

El marco futuro de una sociedad gestionada en su totalidad, y por ello mismo controlada, no hay que ir a buscarlo demasiado lejos. La red telemática moderna puede compararse con un sistema nervioso externo cuyos detectores y monitores cursan impulsos permanentes a los centros de control. Y lo importante no es tanto lo que al respecto tiene que ver con ello la informática en sí misma como el empleo que de ella hace la burocracia estatal. Aunque la administración burocrática se ha ocupado hasta ahora con preferencia de asuntos económicos y de seguridad social, también se está extendiendo, gracias al medio auxiliar de la informática, a casi todos los aspectos de la vida económica. «Partiendo de la educación por una parte, y de la policía y de los servicios sociales por otra, se abre paso poco a poco el proceso de socialización del individuo.» Lo que no significa que la informática provoque por sí misma el nacimiento de una sociedad dominada por el aparato administrativo (si bien es verdad que dificulta la resistencia contra dicha evolución, puesto que hoy en día a las fuerzas opositoras les resulta más difícil hacerse escuchar).

Elite técnica y proles

La vigilancia no constituye más que una faceta, por importante que sea, de la novela futurista de Orwell. También la división de la sociedad en una casta de iniciados y una gran masa de "proles" es descrita por Orwell en unos términos que hacen pensar.

No parece difícil llegar a la conclusión de que la técnica y la ciencia del siglo XX conducen a la formación de una elite que es el único grupo que comprende esa técnica y que por ello se arroga la función de una casta sacerdotal –bien es verdad que con un contenido totalmente distinto– que en las civilizaciones antiguas cultivaba doctrinas secretas inaccesibles a los simples mortales.

Para quien no los puede comprender ni interpretar, los lenguajes de programación del especialista en ordenadores se convierten en una especie de ciencia oculta, como ocurre con el vocabulario plagado de expresiones profesionales propio de todas las disciplinas científicas, ante el cual el lego capitula desamparado.

Aunque es evidente que no se necesita la teoría de la microelectrónica para disfrutar de un concierto por televisión, cuando casi todos los objetos de uso diario se han convertido en "cajas negras" y cuando el nivel tecnológico de quienes desarrollan estos aparatos se halla muy lejos de la facultad de comprensión de quienes los utilizan, resulta inevitable la división de la sociedad en dos castas.

Los no iniciados –los "proles" de Orwell– son en la novela más libres que los iniciados. En efecto: «La gran mayoría de los proles no tenía televisor en su vivienda. Ni siquiera la policía ordinaria se mezclaba mucho en sus asuntos.» Como suele ocurrir, el partido de Oceanía pretendía haber liberado a los proles de la servidumbre del capitalismo, pero al mismo tiempo enseñaba que éstos eran criaturas inferiores por naturaleza, y que con unas cuantas ordenanzas se mantendrían cogidos de las riendas, como los animales. Abandonados a sí mismos como el ganado, habían retornado a un estilo de vida natural evidente para ellos, a un espacio de antigua tradición. Winston Smith, cuya desesperada lucha contra el Gran Hermano describe *1984*, confiaba por eso en los proles. Si quedaba todavía alguna esperanza, pensaba el protagonista, no podía estar sino en los proles, pues sólo en ellos, en esas masas inadvertidas y pululantes por todas partes que constituían el 85 % de la población de Oceanía, podría encontrarse quizás la fuerza para destrozar el partido.

Igual que la discusión sobre las centrales nucleares en la República Federal de Alemania condujo a enfrentamientos similares a los de una guerra civil y de la misma manera que los dudosos experimentos de la tecnología genética en Estados Unidos alinearon contra el proyecto a iniciativas ciudadanas y a científicos preocupados por los problemas éticos, también el ordenador puede despertar una nueva tormenta contra las máquinas. La defensa instintiva y teñida de subjetivismo que se describe ahora con expresiones como "animosidad contra la técnica" no se circunscribe en modo alguno a los intelectuales críticos. El movimiento verde actúa a partir de la oscura conciencia de que la técnica moderna, apreciada en principio como medio de ayuda, puede llevarnos a un nuevo sojuzgamiento, progresando tan aprisa que la sociedad no dispone de tiempo para

alcanzar el grado de desarrollo social que demandan las modificaciones económicas y sociales provocadas por la técnica. Esto muestra el retraso con que las reacciones sociales siguen a una novedad técnica: aunque la factibilidad de las centrales nucleares ya era conocida en los años cincuenta, ha habido que esperar mucho tiempo para que el problema calara en la conciencia general e influyera en las opciones electorales. Pese a que ya es general la argumentación de que todo puede hacerse con ayuda de la microelectrónica, las reacciones al respecto todavía se hacen esperar. Parece, pues, como si la industria informática tuviera todavía por delante largos años para llevar a cabo sin trabas la informatización de nuestra vida. Ahora bien, entonces podría ser demasiado tarde para dar marcha atrás a la rueda del progreso. Los optimistas siguen confiando en el sentido de responsabilidad de quienes impulsan el desarrollo técnico y de quienes se ocupan de evitar los posibles abusos. Por el contrario, los pesimistas argumentan que la determinación de utilizar los nuevos instrumentos de poder y la dinámica evolutiva de los sistemas, cada vez más imbricados entre sí y por lo tanto más difíciles de comprender en su conjunto, conducirán a corto o a largo plazo a la ruina de la normativa social del llamado mundo libre.

Tratamiento de la información y lenguaje

A partir de la visión de un Estado supervisor y de la idea de una casta sacerdotal de consagrados (el partido interior), George Orwell ha llegado a una conclusión lógica acerca del desarrollo: la importancia que tiene una lengua formalizada. Así se expresa Syme, colega de Winston en el ministerio de la Verdad: «La revolución se ha consumado cuando se ha creado la "neolengua"» (una lengua nueva cuyo único objeto es limitar el alcance del pensamiento). Syme debe saberlo, puesto que se ocupa de la redacción de un nuevo diccionario de la "neolengua". «La destrucción de las palabras tiene una gran belleza. Por supuesto, las principales víctimas son los verbos y los adjetivos, pero también hay centenares de nombres que se pueden aniquilar. No se trata sólo de los sinónimos, sino también de los antónimos. Por ejemplo, sea la pareja de antónimos "bueno"-"malo": uno de los términos es innecesario. En vez de "malo" puede decirse también "nobueno"; y en vez de "excelente" como forma superlativa de "bueno", puede decirse "másbueno" o "doblemásbueno".»

Syme continúa con su pensamiento: «¿Cómo podría seguir existiendo un lema como "la libertad es esclavitud" cuando haya desaparecido el concepto de "libertad"? Todo el clima del pensamiento cambiará. En realidad, no habrá pensamiento en el sentido en que ahora lo entendemos.»

Los ordenadores obligan a utilizar un lenguaje formalizado. Con *1984* ante sus ojos, Karl Steinbuch advierte acerca de la obligación de utilizar un lenguaje artificial en el procesamiento de la información por los ordenadores, que no admiten ninguna ambigüedad y que no entienden de juegos de palabras. La consecuencia de ello, según Steinbuch, es el hábil y múltiple fraude semántico actual, en el que muchas palabras son despojadas de su significado corriente y se emplean en un nuevo sentido astutamente planeado. Orwell lo ilustra con el ejemplo de la palabra "libertad" utilizada para designar de hecho una esclavitud que todos aclaman simplemente porque se llama "libertad". Esta palabra tiene en la Unión Soviética un significado distinto que en el mundo occidental. ¿Quién sabe lo que significará libertad mañana o pasado mañana? Para Orwell, la "neolengua" no es sólo una simplificación del lenguaje que tiende a empobrecerlo en cuanto a fantasía, sino también el cambio de significado y la pérdida de información. Mientras que en los Estados totalitarios cuesta mucho trabajo eliminar en los diccionarios de un día para otro la mención elogiosa de políticos que caen en desgracia y pasan a ser traidores, los sistemas de información por ordenador lo hacen sin ningún problema. Un vocabulario electrónico que podría recibirse en cualquier hogar por videotex nos tendría completamente al día de todos los acontecimientos, si bien existiría el riesgo de que se le cambie de sentido como en la obra de Orwell. No son pocos los editores de libros y revistas que consideran seriamente la posibilidad de abandonar el papel como soporte de la información para recurrir a la publicación electrónica. Las noticias no se distribuirían según un complicado sistema que necesita de aviones, camiones y vendedores en todas las esquinas: se llamaría por teclado a un banco de datos y se presentarían en la pantalla, o bien en papel por medio de una impresora. Los científicos son los primeros que han echado a andar por este camino: como la publicación en revistas especializadas de poca tirada se ha hecho demasiado cara, en Gran Bretaña se está experimentando continuamente con publicaciones que en realidad "no existen". El investigador es el que se encarga de alimentar el banco de datos con sus nuevos resultados, y allí quedan para ser consultados por los interesados. Si nadie se interesa por ellos, tampoco servirán para nada en el papel en donde ahora se imprimen.

Aunque la expansión de la información provoca ahora igual que antes el parto de los montes en la producción de papel, en la actualidad existe la alternativa del almacenamiento electrónico de datos. Aunque este nuevo entorno informativo acarrea ventajas en muchos aspectos, también hace posibles las visiones denunciadas por Orwell.

6. BANCOS DE DATOS E INTIMIDAD

«La posibilidad de ataques a la dignidad humana está ya incluida en la estructura de la electrónica. La moderna tecnología de la información se encarga de levantar las barreras espaciales y temáticas relativas a su aplicación, de romper la estrechez y aislamiento de los departamentos, de traspasar fronteras regionales y nacionales y de reunir conocimientos en memorias cada vez mayores. La ausencia de límites en el proceso de la información permitiría acompañar al individuo durante toda su vida, suministrar en cada momento fotografías suyas o perfiles de su personalidad, registrarlo, observarlo y vigilarlo en todas las actividades, formas y manifestaciones de su vida y guardar los datos así obtenidos para tenerlos siempre presentes, sin la misericordia del olvido. El peligro del Gran Hermano no es ya mera literatura: es real según el estado actual de la técnica.»

Horst Herold, antiguo presidente del departamento de delitos federales alemán.

En el año 1979, el departamento de delitos federales de la República Federal de Alemania puso en práctica por vez primera la investigación criminal por ordenador. Se buscaban terroristas de la Fracción del Ejército Rojo y se partió de la hipótesis de que, por motivos de seguridad, las personas que había que encontrar pagaban en metálico y con nombre falso los recibos de luz y teléfono de las viviendas que tenían alquiladas, puesto que la vigilancia de las cuentas bancarias podrían facilitar las pesquisas de su búsqueda. Como es natural, los nombres de los clientes que pagan al contado están memorizados en las cintas magnéticas de las compañías de electricidad y de teléfonos. Los investigadores comenzaron a comparar estas cintas con otros soportes magnéticos de datos, como el fichero de empadronados, las listas de la oficina de matriculación de automóviles y algunos más. En cada uno de estos procesos de comparación electrónica, el ordenador "anotaba" los datos personales de quienes pagaban al contado y se encontraban también en las otras cintas, pero rechazaba las respuestas negativas. Con este método tuvieron un éxito instantáneo: después de analizar los casos de 18.000 personas que pagaban en metálico sólo quedaron dos nombres, y uno de ellos era el nombre ficticio del terrorista de la RAF Rolf Heissler, que una hora después era arrestado.

A comienzos de 1980 se quiso aplicar el mismo procedimiento en Hamburgo, puesto que los indicios señalaban que los terroristas podían tener otras viviendas en la ciudad hanseática. El departamento de delitos federales hizo valer un mandamiento judicial ante la compañía local de electricidad y obtuvo la cinta magnética con los nombres de los clientes que pagaban en metálico. Sin embargo, poco después el programa del ordenador se detuvo por consideraciones relativas a la confidencialidad de los datos.

Pese a todo, las posibilidades de la investigación por ordenador habían quedado bien patentes. Unas cuantas hipótesis lógicas y los ficheros correspondientes almacenados en cintas magnéticas (que nada tienen que ver con los terroristas) bastan para ir a cualquier parte.

Los ficheros de la policía

En 1982, el gobierno francés decidió constituir un banco de datos con información sobre los enemigos del Estado. Debía contener en total unas 60.000 entradas. La policía del Estado procuró tranquilizar a los ciudadanos, que acogieron la medida con desconfianza, y para ello utilizó el argumento de que el nuevo fichero no iba a ser tan monstruoso ni tan amplio como el fichero antiterrorista del departamento de delitos federales alemán, PIOS. En éste no sólo se almacenan singularidades sobre personas que han desarrollado actividades terroristas demostrables, sino que se incluyen también datos sobre personas de quienes se supone tienen alguna relación con el terrorismo, pero sobre los cuales no recae sospecha alguna que pueda poner en marcha la aplicación de la ley de enjuiciamiento criminal. Cualquiera que, por casualidad o inadvertencia, mantenga contacto con una persona vinculada a los medios terroristas, e incluso aquel que se manifieste contrario a los métodos estatales de lucha contra el terrorismo, puede estar en ese registro. En su cuarto informe de actividad, Hans Peter Bull, antiguo comisario federal

para asuntos relacionados con la confidencialidad de los datos, juzga esta situación como "muy arriesgada". No es de extrañar que el fichero fuera motivo de crítica por muchos juristas y que se pusiera en duda la legalidad de su creación. Dice Bull: «Por desgracia habrá autoridades que, aun no disponiendo del PIOS por carecer de acceso inmediato a él, obtendrán sin embargo información de este sistema.» En total, el fichero magnético tiene unos 150.000 registros referidos a personas. El 20 % de ellas fueron borradas a instancias del comisario federal mencionado.

Acaso muchos ciudadanos opinen que la lucha contra los elementos anarquistas reclama la adopción de medidas especiales. De cualquier modo, lo cierto es que la evolución del PIOS en los últimos años muestra con qué rapidez se extienden esas actuaciones de recogida de datos a otros campos: se han abierto en el departamento de delitos federales varios ficheros PIOS: estupefacientes, perturbadores del orden público y delitos conexos, actividades subversivas, delitos de alta traición y armas. En 1982 se creó además el fichero TESCH, que ha de servir para el análisis de documentos extremistas y terroristas.

En su quinto informe de actividad Bull anota: «Visto así, no parece errado afirmar que la era de los ordenadores propiamente dicha acaba de empezar en el ámbito de las autoridades de policía. A pesar de todos los llamamientos en contra, el "comisario ordenador" parece estar en el comienzo de su actividad. El malestar originado por esta situación domina no sólo a los defensores de la confidencialidad, sino muchas veces también a la propia policía.» La mayor preocupación del defensor de la confidencialidad en este contexto es la creación, que se halla en curso, del sistema centralizado de información de tráfico, ZEVIS, que va a ser posible conectar con los departamentos de policía. En el ZEVIS constará toda la información del archivo centralizado de vehículos, los datos personales de quienes los han matriculado en el registro central de tráfico y los datos sobre permisos de circulación retirados, denegados o devueltos. El sistema permite, sin ningún gasto especial, consultar la dirección actual de una persona o los vehículos que posee, partiendo simplemente de su nombre. Así pues, será posible emplear el fichero, con sus datos sobre unos 30 millones de ciudadanos, como un anuario de direcciones federal. Algo parecido fue ya rechazado por el parlamento alemán en la discusión sobre el documento nacional de identidad. Pero todo indica que ahora el objetivo se logrará dando un rodeo.

Cada vez se crean más ficheros en los niveles locales, regionales o federales, y por lo general el público sólo se entera de ello por casualidad.

A finales de 1982 se supo que unos funcionarios de policía de Hannover llevaban un fichero de personas "punk". Los funcionarios de la seguridad del Estado justificaron dicha acción de recogida de datos con el argumento de que sus caras pintadas llamaban la atención en las manifestaciones. Sin embargo, sintonizando la radio de la policía se descubrió también que investigadores privados anotaron las matrículas de automóvil de los asistentes a una reunión informativa sobre desechos atómicos y las hicieron llegar a la central de la policía.

Según reveló el ingeniero del departamento de delitos federales Bernd Rainer Schmidt –ante las protestas contra las actividades de vigilancia– y se supo por la televisión y por la prensa, la policía vigila las manifestaciones con cámaras de vídeo ocultas e investiga en la práctica valiéndose de ordenadores y de almacenamiento digital de imágenes. En abril de 1983 llegó a las pantallas alemanas una película documental al respecto, *Todo controlado*, justo cuando se quería llevar a cabo el censo de población; por fin, esta película hizo que el hombre de la calle tomara conciencia de la importancia de la confidencialidad de los datos.

No se sabe con exactitud cuántos ficheros existen en la policía estatal, en la administración y en los organismos de información al público. Hasta el momento se tiene comunicación oficial de unos 1.200 archivos electrónicos en las oficinas públicas federales. En enero de 1983, para conocer con más detalle las actividades equivalentes en los distintos estados alemanes, el autor solicitó por escrito la lista de ficheros a todas las instancias de ese nivel. En la mayoría de los casos, la información recibida fue que únicamente era posible examinar las listas de ficheros, y que no se podía proporcionar un resumen completo. De Berlín, Baviera, Bremen y Schleswig-Holstein llegaron las listas solicitadas. Sólo la relación de los ficheros inscritos en Baviera llenaba 350 páginas. Había ficheros de escolares, de personas que habían participado en procedimientos judiciales de resultas de la ley de concentración parcelaria, de pacientes con tumores (y de sus médicos de cabecera), de trabajadores que habían sufrido medidas de su audición, de participantes y apoderados en procedimientos de divorcio, de asegurados y otros muchos.

Las autoridades del estado y de los municipios de Hesse comunicaron que ya en 1982 había 7.036 ficheros, por tan sólo 43 en

Darmstadt, espectacular diferencia de la que el comisiario encargado de la confidencialidad de los datos de Hesse, Spiros Smitis, dedujo que no se había notificado la existencia de numerosos ficheros. La probabilidad de cubrir esas lagunas es muy pequeña, por cuanto los comisarios sólo llegan a controlar hasta cierto punto los ficheros; no se olvide que, para velar por la confidencialidad de los datos, cuentan en la actualidad con unos veinte empleados, circunstancia que, a la vista de los 300.000 empleados de la administración federal, hace de su tarea una empresa ciclópea. Si bien es verdad que la República Federal de Alemania posee una ley de confidencialidad de los datos de una relativa rigidez en comparación con los vigentes en otros países, nadie sabe con qué frecuencia sus normas son violadas, e incluso se están multiplicando las voces que ponen en la picota la confidencialidad de los datos considerándola un obstáculo para la generalización de la informática.

El ejemplo de adónde nos puede conducir el trato desmesurado con los ficheros lo tenemos en Estados Unidos, donde ya en los años setenta se practicaban la supervisión y el control mediante proceso de datos en gran escala. La primera piedra de la "sociedad del expediente" norteamericana se puso en el período de entreguerras, cuando el gobierno federal norteamericano empezó a ocuparse de la automatización de la fiscalidad y de la beneficencia. Desde aquella época, cada vez se sonsaca más información al ciudadano para almacenarla. La recogida de datos de las autoridades hace referencia a la seguridad social y a la asistencia médica, a la financiación de viviendas, a la ordenación del territorio y al servicio de salud pública. El departamento federal de estadística, el ministerio de defensa, las oficinas de empleo, etc., manejan bancos de datos. Hay que añadir además las inmensas cantidades de material de investigación reunidos por los servicios de comunicaciones y de escucha. El profesor de Harvard Arthur R. Miller resume esta evolución: «A medida que el almacenamiento de la información se hacía más barato y mejor, más se despertaba el apetito de las autoridades en relación con los datos, y con mayor fuerza se hacía sentir la inclinación a centralizar y comparar material documental. Obedeciendo a una especie de ley de Parkinson, a la mejora técnica del procesamiento de datos seguía una tendencia a emplearse más a fondo con los datos almacenados y a analizarlos de modo exhaustivo. Esto, a su vez, tenía como consecuencia que los distintos sectores de los cuales se reunían datos fueran cada vez más numerosos y exigieran por consiguiente una información todavía mayor acerca del individuo... Las nuevas técnicas de la información han generado al parecer un nuevo virus social: el agente de la "datomanía".»

Ya en los años sesenta se discutió en Estados Unidos la posibilidad de crear un supercentro de datos donde a todos los ciudadanos se les abriera un expediente personal que abarcara toda su vida y al cual podría tener acceso un amplio círculo de usuarios. Dicho intento constituyó argumento suficiente para tomar en serio la amenaza que se cernía sobre la intimidad mediante los bancos de datos y los expedientes. Así, por ejemplo, se puso de relieve que el ejército norteamericano desarrollaba una vigilancia sistemática sobre las actividades políticas legales de un grupo de personas y llevaba informes personales sobre individuos que habían participado en una serie de protestas que por lo demás eran lícitas. La información reunida por el ejército, que es accesible también a otras autoridades, se distribuye por télex y está disponible en todos los grandes acuartelamientos de Estados Unidos.

El desarrollo de la ley de confidencialidad de los datos

A mediados de los años sesenta, el ministerio de finanzas de Estados Unidos se dispuso a unificar la informática de los departamentos del gobierno e hizo la propuesta de crear una sola central de datos federal que se llamaría *National Data Center*. De esta manera se pretendía aliviar a la administración de una gran parte de sus tareas de proceso de datos, centralizando los ficheros de datos dispersos. Cuando la propuesta fue conocida, se desencadenó una tormenta de indignación. En el proyecto se había partido de la idea de una administración eficiente, pero se había omitido por completo la circunstancia de que un centro de datos de esa índole podría suponer en potencia una muy seria intromisión en la vida privada de las personas. Y aquí empezó la discusión sobre confidencialidad de los datos. Aunque el centro nacional de datos no se llegó a crear, la constitución de nuevos almacenamientos de información prosiguió a toda marcha.

Igual consideración que la propuesta de establecer un centro de datos merecieron los efectos para la intimidad que resultan de la recopilación de información crediticia: las ventas a crédito en los países industrializados se han convertido en un componente cada vez más importante de la vida económica. La información sobre la solvencia de personas y empresas es una mercancía valiosa para todas las entidades crediticias. Por eso las grandes compañías norteameri-

canas de información crediticia disponen de una plantilla de miles de investigadores y llevan registros de más de 50 millones de personas. Trabajan para las compañías de seguros, los empresarios, etc., y suelen valerse de los denominados investigadores de servicio exterior, quienes reúnen información sobre la situación económica y el prestigio social de una persona entre sus vecinos y conocidos. Lo que puede resultar de este método se demuestra en un informe real que se confeccionó en la Retail Credit Company y que después fue exhibido en una sesión de la comisión de la cámara de representantes sobre violaciones de la intimidad. La persona afectada por dicho informe, un teniente coronel del ejército, era definida así: «Un hombre colérico y mal educado que abusa de su rango y no puede ser considerado como una personalidad estable. Se sabe que vagabundea por la vecindad y dispara sobre el ganado perteneciente a los agricultores que han arrendado sus pastizales al ejército.» Ni que decir tiene que los afectados casi nunca estaban enterados de que tales comentarios se hubieran realizado, se hubieran ratificado y se hubieran propagado.

Datos similares a los de un expediente personal, pero referidos a grupos, pueden aprovecharse también a efectos crediticios y para una serie de finalidades empresariales. Así, por ejemplo, existe la posibilidad de hacer un listado de consumidores con características determinadas y que quizá estén interesados en un cierto producto. Un librero de Nueva York vendía listas con nombres y direcciones de mujeres de quienes había llegado a saber que estaban abonadas a un instituto de relaciones "amistosas" que trabajaba con proceso de datos. Por lo demás, los listados de direcciones por ordenador se emplean con frecuencia cada vez mayor con fines publicitarios. Quienquiera que compre un coche o un televisor, se abone a un diario o haga un donativo, sea socio de un club o envíe vales de propaganda, quedará reflejado sin duda en una lista.

Las primeras medidas legislativas norteamericanas para velar por la confidencialidad de los datos fueron leyes contra el abuso en la información crediticia. Con ellos se quería defender al afectado frente a afirmaciones inexactas de los informadores, así como proteger su vida privada. La ley reconoce al individuo el acceso a los datos que le conciernen y le permite asegurarse de su corrección y rebatirlos en caso necesario. Para asegurar la intimidad personal del afectado, las compañías de informes crediticios sólo pueden emplear la información a los efectos previstos en la ley. Los Estados Unidos se convirtieron así en uno de los primeros países que reconocieron la garantía de la confidencialidad de los datos como núcleo de una moderna política social, siendo pioneros en la promulgación de los correspondientes reglamentos legales.

La primera legislación que hizo referencia exclusivamente al procesamiento automático de datos relativos a personas en el ámbito público y privado entró en vigor en Suecia el año 1973.

En la República Federal de Alemania, el primer anteproyecto para la confección de una ley federal de confidencialidad de los datos fue aprobado en mayo de 1973 por el Gobierno. Tras un procedimiento largo y penoso, fue editado en el boletín legislativo federal el 1 de febrero de 1977. Según esta ley, los requisitos de la confidencialidad de los datos han de garantizarse en esencia mediante los principios siguientes:

Todas las instituciones que almacenan datos relativos a personas deben comunicarlo (deber de notificación).

Toda persona afectada tiene derecho a obtener un extracto de su expediente (deber de información).

Toda institución que almacene datos de personas sólo podrá usarlos con observancia de los requisitos que se consignan en el anexo a la ley (deber de protección).

Por medio de la ley de confidencialidad de los datos se regula en todo el territorio federal el procesamiento de datos referidos a personas por parte de las autoridades y de las oficinas privadas. Existen además leyes regionales que difieren más o menos unas de otras. La mayoría de estas leyes parten de la filosofía de que el público no debe experimentar alarma alguna si las personas de quienes se conservan los datos tienen el derecho de poder controlar por sí mismas la información que les afecta y son informadas en la mayor parte de los casos sobre el uso que se hace de tales datos. Aunque casi todas estas leyes se limitan a datos de procesamiento automático, algunas incluyen también la información archivada por medios tradicionales. Klaus Lenk, profesor de administración en la Universidad de Oldenburg, opina que es bastante dudoso que la legislación vaya a poner término de esta forma a la amenaza creciente sobre la vida privada. En cuanto a Estados Unidos, afirma que se ha sugerido la tesis de que una concepción de la confidencialidad de los datos que sólo descansa en el reconocimiento de los derechos del individuo más bien favorece que evita la tendencia a la vigilancia masiva de las personas. Las primeras experiencias en la aplicación de las leyes so-

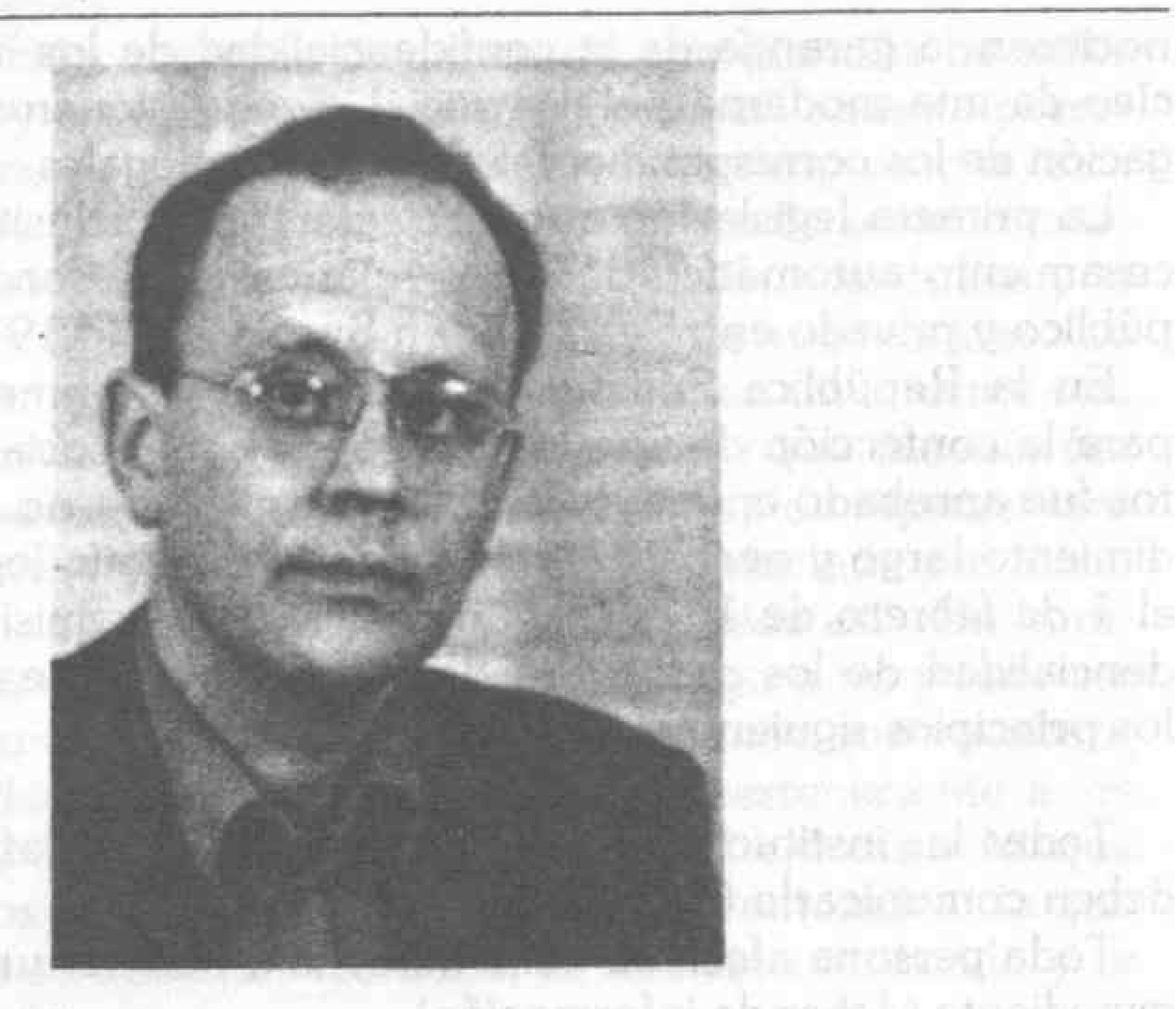


Fig. 76. Klaus Lenk.

bre confidencialidad demostraron pronto que a menudo resultaban contradictorias con otras normas legales. De nuevo se inflamó el debate sobre qué grado de secreto es necesario para salvaguardar los intereses vitales de un país y de sus estructuras de poder; también salieron a escena las contradicciones entre la confidencialidad de los datos y la ley fundamental de la libertad de información. Se demostró además que no sólo está en juego la protección de la vida privada del individuo, sino también la relación entre el individuo y el Estado. Dice Lenk: «Lo fundamental es el incremento de poder de la burocracia, ya sea estatal o privada, a costa del individuo, y ello mediante la recogida de información por observación directa y almacenamiento intensivo.»

Una debilidad potencial de toda ley de confidencialidad de los datos reside también en el hecho, por todos conocido, de que una ley es tan buena como satisfactorio es el control sobre su cumplimiento. Ya se advirtió que el control de la aplicación de la ley que nos ocupa, en cuanto al desbordamiento de la memorización de datos se refiere, es difícil, cuando no imposible. Por eso escribe lo siguiente Thome, un experto en confidencialidad: «En la práctica existe el problema de que para supervisar la correcta aplicación de programas al proceso de datos referidos a personas hace falta disponer de un inspector que controle esos programas instrucción por instrucción, con su especificación, y que además compruebe si se aplican en el contexto correcto. En la práctica, esto resulta imposible de realizar sin grandes medios. Hay aplicaciones en las que ningún método es lo suficientemente seguro.»

Muchas veces se ha impedido incluso que los comisarios realicen sus controles. El ordenador central médico del ejército alemán almacena en total 180 millones de documentos y suministra 55.000 informaciones anuales. Cuando Bull quiso verificar qué clase de informaciones se daban y a quiénes se distribuían recibió un desaire. Las autoridades de Bonn y el ministerio de Defensa federal denegaron el control con el argumento de que faltaba la "referencia del fichero". Una razón poco convincente, pues la existencia de un fichero electrónico no se puede negar. Luego se objetó que el secreto profesional de los médicos podría verse transgredido por la actividad de control.

El delito informático

La poca controlabilidad de los datos almacenados por medios electrónicos queda demostrada por los casos fehacientes de delitos informáticos. L. Benn Lewis, empleado de un gran banco en Estados Unidos, libró transferencias falsas entre 1979 y 1981 por valor de unos 16 millones de dólares aprovechando su habilidad para efectuar operaciones entre las sucursales del banco. Con objeto de disimular los asientos en la misma cuenta, Lewis procedió a inventarse créditos que, naturalmente, no existían en la realidad. Fueron necesarios dos años para descubrir el fraude.

Conviene recordar también que, con ayuda de un terminal de ordenador instalado en clase, unos adolescentes lograron conectar con la red canadiense de datos: no sacaron dinero, pero borraron un gran número de datos.

Mike Hansen, de 32 años, experto en ordenadores y consultor en proceso de datos, visitó un día la instalación informática de un banco para el cual había trabajado antes, y preparó una contraseña para hacer transferencias de una cuenta a otra y otra que le autorizaba a la disposición de datos por teléfono. Poco después hizo una llamada telefónica presentándose a sí mismo como vicepresidente de una compañía internacional y utilizó su contraseña para hacerse transferir más de 6 millones de dólares a la cuenta de un vendedor

soviético de diamantes en el banco Wozchod de Zurich. Poco después, el técnico en ordenadores voló a Suiza. Nada más llegar la transferencia, se hizo entregar su contravalor en diamantes, casi 9.000 quilates. Sin ser descubierto, Hansen volvió a Estados Unidos. Había logrado su objetivo: completar la prueba de que el delito informático era perfectamente posible. Hansen se dirigió a un abogado, puesto que en principio sólo quería demostrar que aquel tipo de delito podía perpetrarse, e intentó devolver al banco norteamericano los diamantes. El abogado avisó al FBI, organismo que pudo verificar que el banco no había descubiero aún el fraude. Al poco tiempo, Hansen fue detenido.

Las estimaciones del dinero malversado por estos métodos y otros parecidos oscilan entre 65 millones y 2.000 millones de dólares anuales, solamente en Estados Unidos.

«En los últimos años», resume Ulrich Sieber, experto en delitos informáticos, «se colocaron en primer plano la manipulación de ordenadores, el espionaje por ordenador y el robo de *software*, el llamado "robo de tiempo" y la comisión de delitos económicos comunes valiéndose del ordenador. Manipulaciones de las ayudas familiares, duplicación de contenidos mediante modificaciones de programas o de datos maestros, falseamiento de balances, elevación del saldo de cuentas en ordenadores bancarios, robos de *software* con ayuda de programas especiales, incendios intencionados en instalaciones de proceso de datos, manipulaciones y espionaje por teleproceso son sólo algunos ejemplos de los casos descubiertos hasta ahora.»

De vez en cuando se descubren manipulaciones refinadas de los programas de ordenador. Así, por ejemplo, todas las liquidaciones por cambio de divisas del Herstatt-Bank se recogían en un microordenador y a continuación se transmitían al ordenador central del banco. Con objeto de encubrir sus negocios especulativos con divisas, mediante la pulsación de una tecla de interrupción en su teclado propio, los empleados lograban que las operaciones no se transfiriesen al ordenador central. De este modo podían entregar al cliente el justificante reglamentario de la operación sin que ésta se hubiera recogido a efectos contables. Varios miles de millones de marcos dejaron de contabilizarse o no se contabilizaron correctamente. Y ello fue posible a pesar de que el programa del microordenador tenía previsto, en evitación de abusos, que tan pronto como se presionara la "tecla de interrupción" se imprimiera la palabra "interrupción" en el formulario de liquidación preparado. Sin embargo, los autores del delito lo impedían sacando el formulario de la impresora después de haber sido preparado, pero antes de pulsar la tecla de interrupción, de modo que la palabra en cuestión no se imprimía en el justificante, sino sobre el rodillo ya vacío.

Las altas cifras de datos dan idea de la magnitud de los delitos informáticos. Oscilan entre 200.000 y 300.000 marcos por caso, y en Estados Unidos se calculan en 1,7 millones de dólares como media por cada caso.

En la República Federal de Alemania, los daños producidos cada año por manipulaciones en las instalaciones de tratamiento electrónico de datos han sido estimados por los expertos en 15.000 millones de marcos. Estos ejemplos no dejan lugar a dudas sobre el hecho cierto de que los ordenadores no están protegidos contra manipulaciones delictivas. Tampoco lo están con toda probabilidad contra los sabotajes (como se vio en la ciudad francesa de Toulouse, donde hace algún tiempo unos salteadores de ordenadores destruyeron la instalación de proceso de datos de Honeywell-Bull) ni contra las catástrofes naturales. Debería existir un plan anticatástrofes en cada centro de datos, pero por ahora ignoramos hasta qué punto las medidas de seguridad protegen efectivamente la instalación (por su misma esencia, esos planes no se hacen públicos).

Acaso a medida que vayan ocurriendo catástrofes se prevean medidas de seguridad de suficiente alcance.

La protección de los ordenadores y de los datos que almacenan se hace más importante cuanto mayor es la información que se apoya en la automatización. Pero los problemas no tienen sólo unas dimensiones nacionales: las leyes de protección de datos serán insuficientes si su aplicación se limita a un solo país. Mientras el flujo de datos de un Estado a otro no esté regulado por una ley y no se pueda controlar su cumplimiento, siempre será posible eludir las prohibiciones mediante el desplazamiento de un banco de datos a un país donde no exista la ley correspondiente.

De la misma manera que un fichero con datos personales amenaza la intimidad del individuo, la vigilancia desde satélites y el flujo informativo, cada vez mayor, entre las sucursales de una compañía transnacional atentan a la soberanía de los Estados. La solución de este problema se halla tan lejana como el momento de su aplicación en la práctica.

El motín contra el censo de población de 1983

Aunque la cuestión de la confidencialidad iba calando ya desde hace años en la conciencia pública, el ciudadano corriente no tuvo en cuenta durante mucho tiempo la amenaza potencial contra su intimidad que suponían los bancos de datos. El censo de población, de profesiones, viviendas y centros de trabajo planeado para el 27 de abril de 1983 dio lugar por primera vez, en todo el territorio de la República Federal de Alemania, a un tumulto con el que nadie había contado. El movimiento de masas había empezado tras la representación de una pieza de teatro sobre sistemas de información personal en la Escuela Superior de Artes Plásticas de Hamburgo, en diciembre de 1982. Entonces nació la primera iniciativa para declarar un boicot al censo de población. En cuestión de semanas se formalizaron más de 500 pronunciamientos en este sentido. De las células germinales de protesta que se organizaron en Hamburgo y en Berlín surgió, según comentario de *Der Spiegel*, un «modelo de desobediencia civil, que tuvo ecos en otros países». Unos abogaban por la no aceptación del censo de población, en tanto que otros hacían sugerencias sobre cómo podrían burlarse de los expertos en estadística dando datos falsos o cumplimentando mal el formulario. Ya en marzo indicaban los sondeos que más del 50 % de los alemanes occidentales abrigaban desconfianza hacia la consulta. La resistencia se centró, ante todo, frente a la discutida "comparación entre registros" que no sólo servía para actualizar éstos, sino que también constituía un requisito organizativo para la creación de un documento de identidad automatizado.

Pero los sucesos tomaron otros derroteros. Por primera vez en la historia de la República Federal de Alemania, el tribunal constitucional federal paralizó una ley aprobada por unanimidad en el parlamento. Ello significaba que el censo de población había de retrasarse como pronto a 1984, debiendo ser objeto probablemente de modificaciones. Es de esperar una concepción diferente del formulario y una restricción en la transferencia de los datos obtenidos. También existe la posibilidad de que se desista de hacer el censo, como sucedió en Holanda a consecuencia de los movimientos de protesta de 1981.

En todo caso, la confidencialidad de los datos es un tema delicado en este país tras la discusión originada por el censo de población de 1983. El riesgo de un excesivo incremento del control social por parte del Estado no se descarta ni siquiera con la renuncia al censo

de población, pues, como ha señalado Klaus Brunnstein, profesor de aplicaciones de la informática en la Universidad de Hamburgo, se han desarrollado verdaderas junglas de datos a espaldas del público y de los políticos. Adalbert Todlech, profesor de derecho público en Darmstadt, secunda a su colega: «Frente a la situación, divulgada por los técnicos, de que cualquiera con acceso a la unidad central de instalaciones de proceso de datos y a sus memorias magnéticas puede eludir con casi total impunidad todas las prescripciones sobre confidencialidad, la confianza en la legalidad del comportamiento de las autoridades en general es una actitud mortal para el margen de libertad de la generación futura.»

7. LA AVALANCHA DE INFORMACIÓN, ¿ES UNA NUEVA FORMA DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL?

Los conocimientos tecnicocientíficos de la Humanidad se duplican cada dos años. El flujo de información adquiere dimensiones insospechadas y el reflujo no se vislumbra. El hecho de que la información como mercancía adquiera cada vez mayor relieve mientras frente a ella disminuye la importancia relativa de los bienes materiales sirve de hilo conductor de este libro. Después de haber discutido desde distintos ángulos los efectos de la microelectrónica en la sociedad humana, es hora ya de debatir las consecuencias de enterrar al hombre en montañas de información. En primer término, la moderna telemática tiene la indudable ventaja de que ofrece la posibilidad de consultar en cualquier momento un gran número de informaciones. Y esto no sólo es válido para los científicos que en lugar de revolver días enteros en la biblioteca obtienen información de un banco de datos en cuestión de segundos, sino también para las personas corrientes, que pueden hacer consultas a cualquier hora desde un televisor conectado a videotex. Así pues, en cuanto se refiere al dominio cuantitativo de la información, la revolución telemática supone un avance.

Otra cosa es la valoración cualitativa. Supongamos que queremos saber si para nuestras vacaciones queda alguna habitación libre en Mallorca. Si la central de videotex nos indica la oferta de hoteles en Ibiza, obtenemos una información bastante inútil. Tampoco estaríamos satisfechos si al consultar en un banco médico de datos en busca de un posible descubrimiento en la investigación del cáncer obtuviéramos la respuesta de que en los dos últimos meses han

aparecido cientos de publicaciones sobre la cuestión. La importancia de una información no puede valorarla el ordenador, sino la persona, aunque sólo sea porque la valoración de esa información tiene un claro componente subjetivo.

Vista así, la marea informativa encierra el peligro de que el hombre incurra en una desorientación creciente, porque no esté en situación de asimilar la cantidad de conocimientos que se le ofrecen y por lo tanto no pueda distinguir lo importante de lo que no lo es. La televisión por sí sola suministra ya al ciudadano mucha más información de la que éste puede digerir. Los productores de información, dice Karl Steinbuch, están siempre tratando de presentarnos hechos y problemas como si ellos mismos los hubieran comprendido en realidad, como si el mundo no fuera más profundo que su representación. Se suman a la tendencia actual que da forma a un complejo de prejuicios y errores típico de un momento histórico.

Por último, los informadores de los medios de comunicación de masas adoptan la singular postura de no admitir en la práctica ninguna responsabilidad sobre las consecuencias de su actuación. Cuando una empresa farmacéutica quiere sacar al mercado un nuevo preparado, tiene que demostrar antes su inocuidad sometiéndolo a procedimientos formales de verificación. Para los periodistas no existe una instancia de control equivalente. Bien es verdad que se puede argumentar que la libertad de prensa y de información es más importante para el sostenimiento del sistema democrático que los inconvenientes resultantes del abuso, deliberado o no, de esa libertad. La implicación inmediata de esta reflexión es que debemos soportar que la información importante para orientarnos en la vida, que no suele ser sensacionalista, sea suplantada por disparates efímeros envueltos en un marco de sensacionalismo.

El automóvil ha traído una serie de posibilidades y comodidades, pero al mismo tiempo ha contribuido a ensuciar nuestro ambiente. La agricultura industrial produce excedentes alimentarios por primera vez en la historia de las zonas climáticas templadas, pero también ha destruido el equilibrio ecológico, ha deteriorado profundamente el paisaje natural y ha dispersado por toda la Tierra innumerables sustancias nocivas para la salud. Algo similar ocurre ahora en el ámbito de la información: nos abre un nuevo mundo (¿y bello?), pero al mismo tiempo provoca una nueva forma de contaminación ambiental.

Información defectuosa e información falsa

Si se pretende caracterizar el entorno humano, se puede distinguir entre el ambiente físico, que es en cierto modo la capa exterior, y el ambiente informativo. También este último, o capa interior, puede llegar a saturarse de componentes nocivos, mediante un exceso de información no necesaria para la comprensión de un contexto o mediante el empleo de una información defectuosa. El exceso correspondería, en el ambiente físico, al desperdicio que nos molesta pero que no envenena el entorno. Por su parte, la información defectuosa se correspondería con las sustancias o fenómenos que distorsionan el equilibrio ecológico y perjudican la salud del hombre.

Klaus Haefner entiende por información defectuosa la que dificulta o impide la comprensión, mientras que la información falsa sería aquella que hace referencia a relaciones incorrectas entre informaciones existentes, o a informaciones intencionadamente absurdas y destructivas. Dado el drástico incremento de la producción de información, Haefner prevé una contaminación informativa futura de serias consecuencias, que afectaría a todos los planos de las relaciones humanas.

Si mantenemos la analogía con la contaminación del entorno físico, destaca con claridad lo que significa contaminación informativa. Pero ante una consideración más precisa de lo que sería un entorno informativo "limpio" y otro "sucio", el juicio emitido dependerá de apreciaciones subjetivas, de la visión política del mundo, etc. El entorno informativo de corte occidental puede parecer limpio a un norteamericano, mientras que en el Irán de Jomeini no lo sería en absoluto. De ello se deduce que, como en el caso de la contaminación por sustancias químicas, no se trata del mero efecto de un solo factor, sino de la actuación conjunta de numerosas influencias que, tomadas por separado, pueden ser inocuas en determinadas circunstancias.

Si aceptamos el paralelismo entre contaminación material e informativa y en ese marco observamos por qué luchan los ecologistas, los grupos alternativos y los verdes, ocurre que se concede mucha atención al ámbito material y que en cambio pasa en gran parte desapercibida esa otra forma de envenenamiento de nuestro ambiente, mucho más sutil y rastrera, que es la contaminación informativa. Parece indudable, no obstante, que esta situación cambiará antes o después. Los ecólogos de los años noventa quizá apunten

menos hacia las industrias químicas y más a los productos de información.

Si hasta ahora la creación de información estaba limitada a grupos profesionales tradicionales (escritores, periodistas) y su difusión se encomendaba a los medios habituales (periódicos, radio, televisión), ahora están saliendo a la palestra nuevos proveedores y nuevas formas de difusión. Cuando hace algunos años se deshizo el monopolio televisivo en Italia y Francia, surgieron emisoras locales como hongos. Grupos de inspiración política, representantes de minorías y empresarios de todas clases comenzaron a saturar el éter de noticias, propaganda y películas pornográficas en cantidades impensables. Así como es de agradecer que los distintos grupos puedan articularse en la sociedad, también es inquietante que una medida liberalizadora degenere en una proliferación incontrolada.

Aislamiento y huida a un mundo ficticio

Junto a la calidad ofrecida por los medios de comunicación, también la cantidad tiene su importancia. Los niños y los jóvenes de la República Federal de Alemania ven a diario 2 horas y 20 minutos de televisión por término medio. Por otra parte, las investigaciones realizadas en niños muestran una correlación entre sus desviaciones de conducta y el contacto extensivo con la televisión. En muchos casos se da un consumo excesivo de medios de comunicación que también se conoce con el nombre de "ansia televisiva" y que viene a ser la contrapartida de la inundación informativa. Los telespectadores empedernidos se caracterizan por su escasa imaginación y por una imagen deformada de la realidad social.

«El alejamiento de la comunicación personal directa significa un desvalimiento psíquico y social. La negación de la comunicación social mortifica y hace enfermar». Cuanto más se busquen los contactos con el mundo exterior a través de máquinas y no de personas, mayor será el aislamiento del individuo (muchos autores llaman a esto "aislamiento comunicativo").

La relación con tantos productos de la microelectrónica conduce a la construcción de un mundo ficticio concurrente: la introducción de la televisión ha tenido como consecuencia que hoy en día vivimos en dos mundos, el real y el producido por los medios de comunicación. Cuanto más se facilite el acceso a distintos tipos de información a través de medios técnicos, más fácil será para el individuo construirse su propio mundo informativo.

El aplastante éxito de los juegos electrónicos demuestra que para muchos existe un deseo de huir a un mundo ficticio. El que aprende a manejar las videoarmas disfruta con el desmoronamiento aparatoso de galaxias habitadas y consigue así un "éxito" que no puede alcanzar en la vida real. Los productores de videojuegos venden por una moneda un mecanismo de huida y agresión. El hombre huye de un entorno incomprensible, incontrolable e inabarcable para acceder a un mundo aparente en que el devenir se puede controlar por completo con ayuda de una palanca de mando. Quien no tiene experiencias gratificantes en la vida real las busca en el terreno de la ficción: los parados se cuentan entre los más asiduos clientes de las salas de juego.

Lo característico de ese mundo ficticio es que se nutre de imágenes. Los que en él se refugian no necesitan ni poder de abstracción ni lógica. El consumo creciente de información en forma de imágenes provoca un retroceso en uno de los logros culturales más importantes de la evolución humana: la capacidad de abstracción y de codificación hablada.

Son muchos, por el contrario, los que utilizan de forma creativa los nuevos medios de comunicación. Crean programas de ordenador para disfrutar en la pantalla de juegos de colores. Inventan juegos nuevos y compiten a través del televisor con un contrincante que acaso se encuentra en otra parte del mundo. El ordenador es también una buena herramienta para la manifestación fecunda. Los amantes de la música pueden hacer sonar la armonía de las esferas que movió a Johannes Kepler a calcular las órbitas planetarias. En el futuro se crearán tantas formas artísticas como variantes nuevas de la comunicación vayan surgiendo. Quienes estén subyugados por una determinada afición pueden comunicarse por pantalla aun cuando vivan dispersos por un mundo al que han convertido en una aldea virtual dentro de la cual se relacionan los miembros de un club de aficionados.

También la política podría recibir un vívido realce por parte de la informatización. Si en cada hogar se instalara un terminal conectado a una red nacional, sería posible realizar consultas electrónicas a los ciudadanos para que el gobierno conociera el estado de opinión e incluso se procediera a la elección de un nuevo presidente. Los políticos podrían aprovechar esta posibilidad para recomendar una nueva forma de convivencia. Pero debemos preguntarnos si una participación política activa en las votaciones a golpe de teclado no beneficiaría más a las estructuras de poder ya existentes que a los

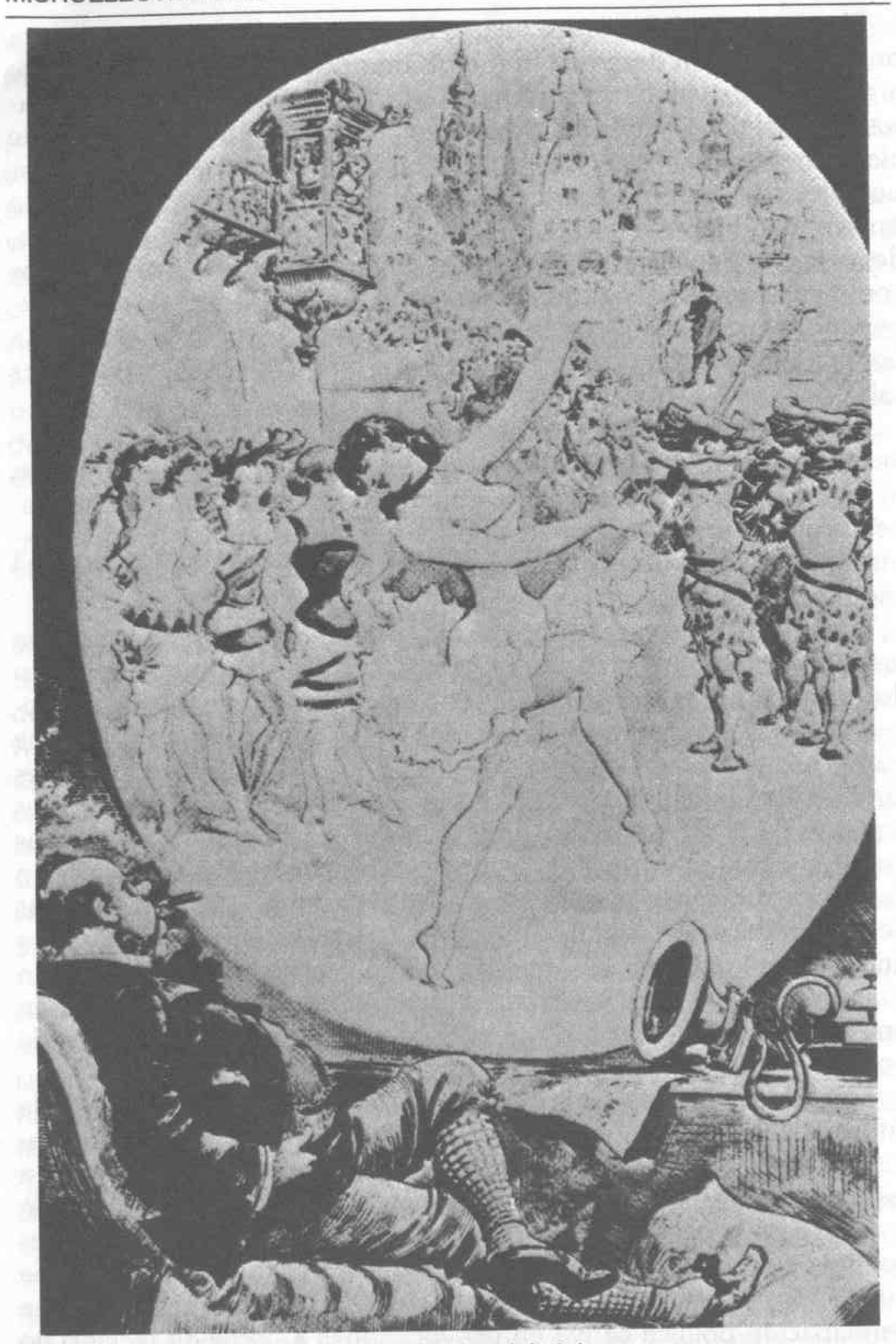


Fig. 77. Visión de la televisión a finales del siglo XIX.

propios ciudadanos. Conviene tener bien presente que siempre serán los gobernantes quienes hagan las preguntas y quienes determinen también las posibles respuestas. Con ello se podrían estrangular las discusiones políticas, en vez de incitarlas. A pesar de todo, es posible y natural implantar una nueva forma de democracia de base mediante un "ayuntamiento electrónico". En cuántas ocasiones sean decisivas sus aportaciones dependerá del uso que los individuos hagan del nuevo sistema. Si sólo las minorías comprometidas participan en la formación de opinión por la pantalla televisiva, se tendrá un remedo de opinión pública que no responderá a la realidad: un nuevo peligro político que, esta vez, no se podría achacar a los nuevos medios de comunicación, sino a su utilización por parte de los hombres.

8. LA CRISIS EDUCATIVA

El desafío más difícil de salvar lanzado por la técnica microelectrónica es el que hace referencia a la educación y a la formación. En la medida en que los medios electrónicos aumentan el almacenamiento y procesamiento de información y los ordenadores son más capaces de llevar a cabo prestaciones inteligentes, por un lado se ponen en duda los contenidos educativos tradicionales, pero por otro se imponen nuevas exigencias a los educadores y a los educandos.

El aprendizaje de las cuatro reglas forma parte todavía de los requisitos imprescindibles para la obtención del certificado escolar. Unas 300 horas de clase tienen como objetivo dominar hasta cierto punto la suma, la resta, la multiplicación y la división. El coste de esa formación es treinta veces mayor que el de una calculadora de bolsillo: si el coste por niño y hora de clase se estima en casi 1 dólar, el de aprender las cuatro reglas sería de 200, mientras que una calculadora de bolsillo sencilla se puede adquirir por menos de 7 dólares. ¿No se preguntarán los alumnos por qué tienen que enzarzarse en cálculos complicados cuando es posible realizar la misma tarea con una calculadora de bolsillo de manera más fácil y sencilla? De ningún modo tratamos de recomendar la abolición del cálculo mental: se trata más bien de preguntarse en qué argumentos podría fundamentarse el mantenimiento de tales objetivos escolares ante la presencia de la técnica informática. Y ello no sólo puede aplicarse al cálculo mental. En un plazo no muy largo, habrá que preguntar-

se si es necesario aprender las complicadas reglas de ortografía cuando hay potentes máquinas que transforman de inmediato un pasaje hablado en un texto escrito con ortografía irreprochable. ¿Cómo va a motivar el maestro de los años ochenta a la joven generación para que ésta juzgue importantes y necesarios el cálculo mental y la ortografía? ¿Es rentable formar a un obrero especializado con un fuerte coste financiero, cuando su mano de obra será después el doble de cara que la de un robot?

Es cierto que las matemáticas no consisten únicamente en resolver operaciones aritméticas, y que la literatura es mucho más que el dominio de la ortografía. La educación no puede confundirse con la adquisición de un conjunto de capacidades "artesanales" mecanizables. Pero ese mismo protagonismo que nuestro sistema educativo suele conceder a la transmisión de estas últimas capacidades es precisamente la causa de que puedan parangonarse con las prestaciones de los ordenadores.

Nos encontramos ante una crisis educativa de la que no cabe culpar a la microelectrónica en mayor medida que a otras causas: la microelectrónica no ha hecho sino poner de manifiesto las dimensiones de esas crisis, y en el futuro va a servir de poco predicar simples ideales de un saber general condicionado por la historia.

La telemática moderna exige conocimientos y capacidades que no se transmiten en la educación tradicional. Dice Klaus Haefner: «En su gran mayoría, los graduados del sistema educativo alemán son analfabetos en relación con los conocimientos fundamentales del tratamiento técnico de la información. Ni saben lo que es un algoritmo ni pueden identificar las características de los datos ni de las estructuras de éstos. La técnica digital les resulta tan desconocida como los principios fundamentales de la telecomunicación. No tienen ninguna idea de la rapidez de los ordenadores actuales. No conocen ningún lenguaje de programación que les pueda permitir el empleo inmediato de un ordenador.»

La mayoría de los escolares y estudiantes de cursos superiores se enfrentan por primera vez al tratamiento electrónico de datos fuera del ciclo de sus estudios, aprendiendo a programar por sí mismos o asistiendo a cursillos impartidos por empresas de ordenadores. A veces es en su puesto de trabajo (si es que lo encuentran) en donde tienen que enfrentarse a la nueva técnica y aprender a utilizarla. Una escuela que se ocupa más de las costumbres de la tortuga terrestre que del funcionamiento de un ordenador no es una buena preparación para la vida en el próximo milenio.

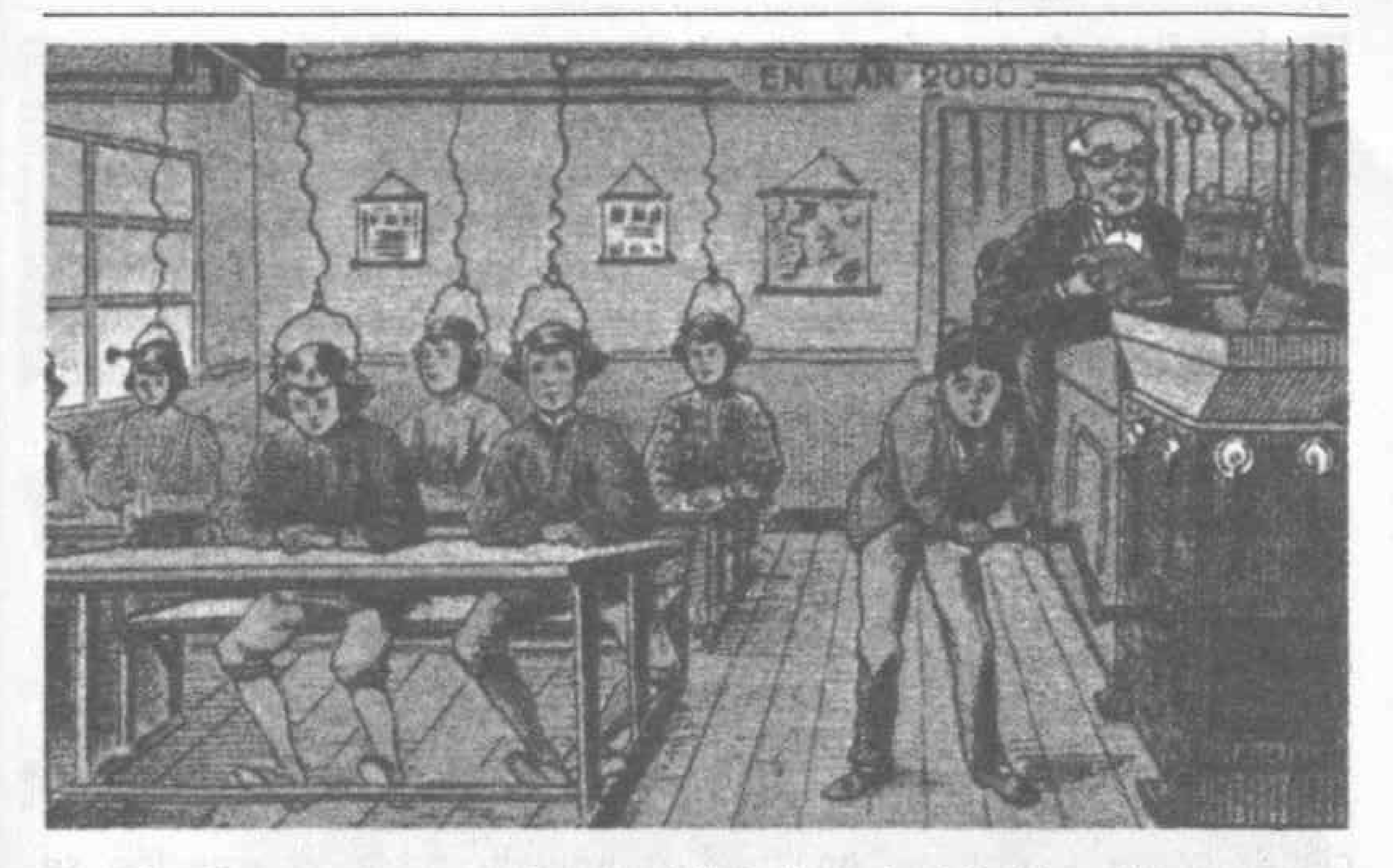


Fig. 78. Enseñanza con ordenador (dibujo francés del siglo XIX).

Ni la escuela ni la universidad van a modificar en los próximos años su actitud regresiva respecto de la informática. Los profesores actuales carecen de formación para desenvolverse en el entorno informático, y la introducción de nuevos sistemas docentes en el mercado libre va mucho más aprisa que la reestructuración de planes educativos, cuya creación está burocratizada por completo.

Aun cuando escuelas y universidades se hubieran adaptado ya y la microelectrónica, junto con sus efectos derivados, formara parte del programa de todos los ciclos de formación, no por ello deberíamos darnos por satisfechos, pues la evolución es demasiado rápida. Como corolario de lo anterior puede deducirse que una de las más importantes exigencias educativas y formativas es la transmisión del convencimiento de que, ahora más que nunca, estamos llamados a aprender durante toda la vida. Quien no esté preparado o no sea lo bastante flexible para reeducarse y sintonizar con las nuevas situaciones naufragará como un emigrante que se asienta en un país extranjero y no está dispuesto a aprender el idioma de sus habitantes.

El abandono de la referencia vital

No conviene dejar de lado, sin embargo, que con el aprendizaje de la técnica de programación o de las capacidades del análisis de sistemas no se consigue mucho. Para hacer frente con éxito al desafío hace falta "mentalidad de proceso", imaginación, creatividad, capacidad para resolver problemas y tenacidad. Si ahora nos centramos sólo en la capacidad para pensar en términos de ordenador (por necesaria que sea), la situación no se altera en esencia. Dicho de otra forma: precisamente porque nuestro sistema educativo no suscita suficiente imaginación, creatividad, etc., tenemos dificultades para abarcar y dominar los problemas del mundo actual y las posibilidades y peligros de la microelectrónica. Pero la necesidad de un cambio en el enfoque educativo no hace referencia sólo a la inclusión de nuevos contenidos y al dominio de nuevas facultades, pues los mismos valores fundamentales del sistema social actual están empezando a transformarse. A medida que el ordenador se va haciendo cargo de nuevas zonas del tratamiento de la información, se

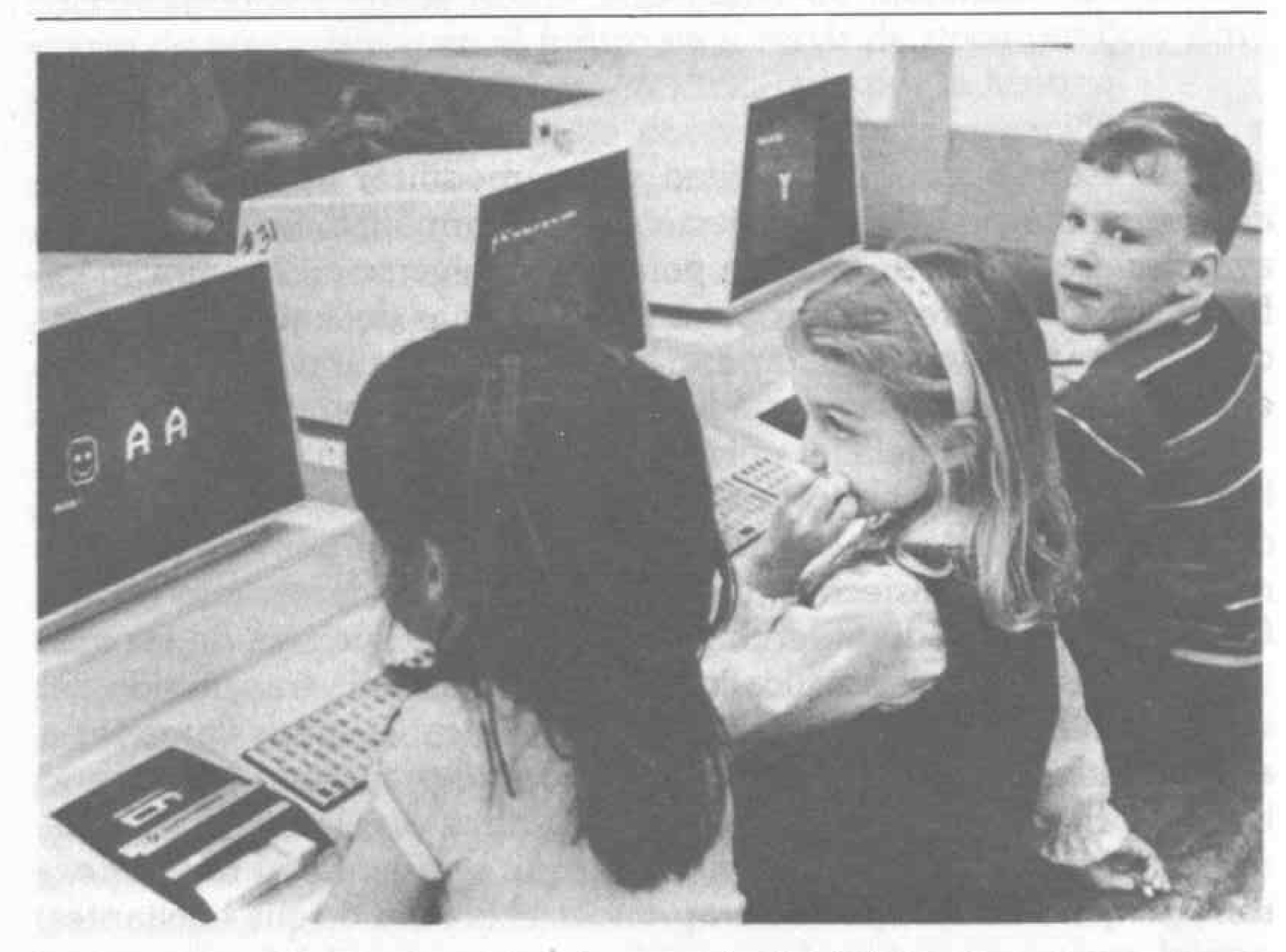


Fig. 79. Enseñanza con ordenador en un jardin de infancia norteamericano.

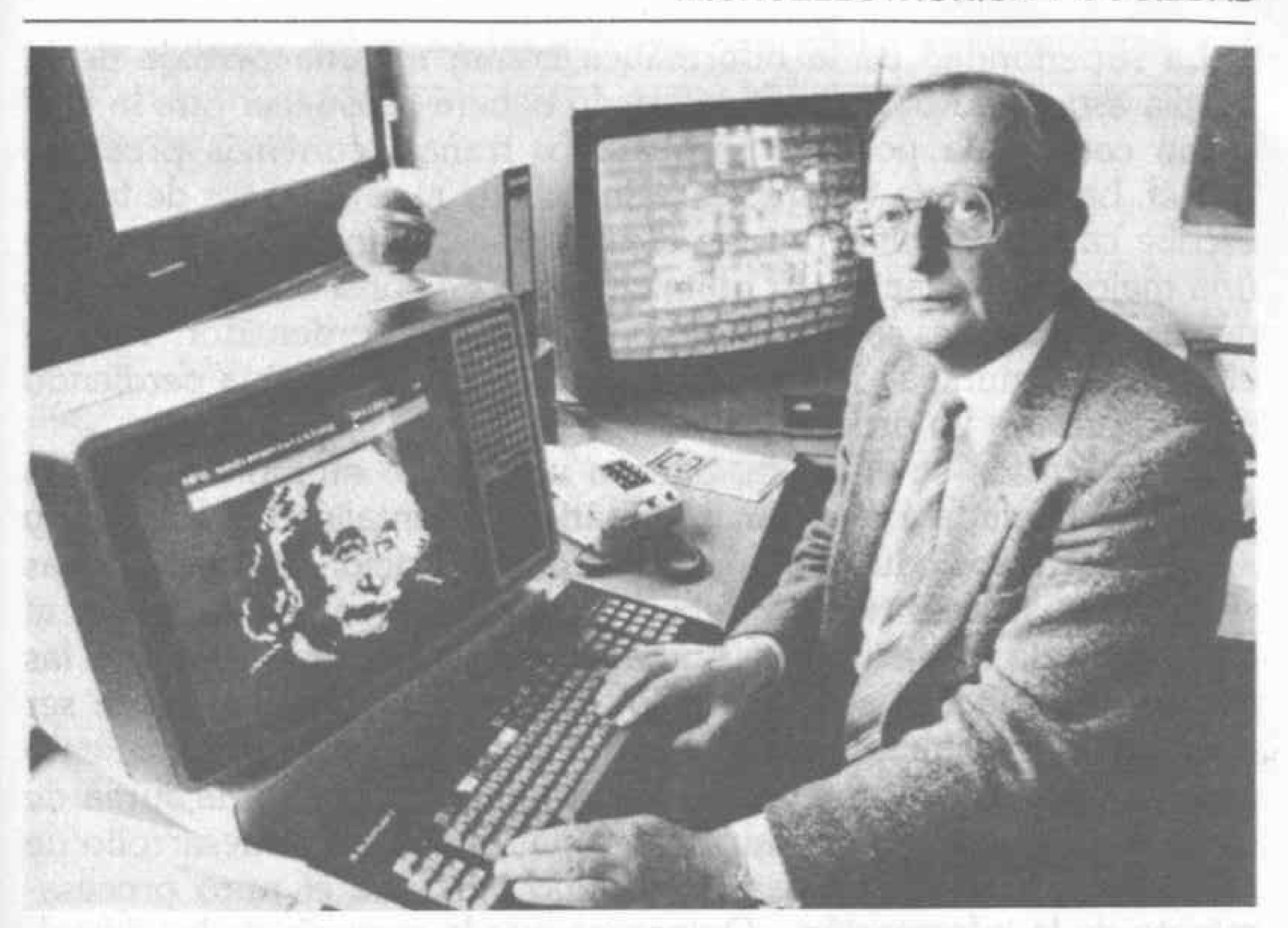


Fig. 80. Klaus Haefner.

restringe la demanda de un buen número de prestaciones mentales que pueden ser sustituidas por máquinas. Esta tendencia comienza a sacudir los pilares de la "sociedad de la prestación", que descansa desde siempre en el principio de que cada uno es remunerado según la aportación que brinda al conjunto. Este principio como criterio de clasificación profesional está superado en buena parte hoy en día en el ámbito de la prestación corporal motora del hombre. En un tiempo no lejano, la prestación relativa al procesamiento de la información se revelará también como ilusoria en gran medida.

Al igual que ahora se practica el deporte en una escala nunca sospechada, y en muchos casos para compensar la falta de ejercicio físico (que antes se hacía en el trabajo), en el futuro habrá que ocuparse mucho más de resolver jeroglíficos y rompecabezas para ejercitar la mente humana, que ya no sufrirá desgaste en la vida profesional. Pero esa nueva forma de hacer deporte sólo podrá compensar en parte la desorientación y el descontento de la persona: quien no tiene trabajo o no puede encontrar ya en el suyo un contenido vital, se verá obligado a cuestionar el sentido de su existencia.

La superioridad de la informática creará así una pérdida de la propia estima. El obrero especializado deberá reconocer que la máquina controlada por microprocesador trabaja con más precisión que él. La secretaria tendrá que admitir que el procesador de textos escribe cartas con una rapidez diez veces superior a la suya y con una mejor presentación. El químico habrá de consentir que muchas de sus capacidades se confíen a un programa de ordenador. Y hasta el campeón mundial de ajedrez se desesperará si termina perdiendo partidas contra un ordenador.

La educación se enfrenta, pues, a un desafío múltiple: si por un lado está llamada a enseñar informática y mentalidad cibernética y a preparar a los educandos para su confrontación con las nuevas técnicas, al mismo tiempo debe conceder una mayor atención al despliegue de las facultades humanas más profundas (aún) y a las nuevas capacidades sociales. Sólo en este caso la angustia de ser arrollado por las máquinas podría dar paso a un nuevo sentimiento de autoestima en el hombre. Si la cultura no es igual a la suma de todos los medios técnicos auxiliares, sino más bien al desarrollo de éstos, el aprendizaje se basará en algo más que el puro procesamiento de la información. «Opinamos que la mayoría de las dificultades en los procesos de aprendizaje actuales se reducen al abandono de la referencia vital... El aprendizaje, entendido como mejora en la capacidad para reaccionar ante nuevas situaciones o solventar problemas con los que no estamos familiarizados, exige una amplia reserva de referencias. Si las referencias vitales se limitan, aumenta la probabilidad de tener que aprender en el marco de un "choque", un suceso de aparición inesperada, que se encuentra fuera de las referencias que conocemos» (Aurelio Peccei).

Como el desarrollo avanza más aprisa que nunca, también será más necesario que nunca aprender con anticipación, es decir, adquirir la facultad de plantearse situaciones nuevas, que acaso no se hayan dado antes. Hay que ver el presente en el mundo del futuro, y no el futuro en las coordenadas del presente.

Por desgracia, de poco sirven en la práctica estas advertencias. La sociedad es propensa a esperar a que una crisis la obligue a transformarse ("aprendizaje a golpes"). Así ha sido hasta ahora: las hambrunas tuvieron como consecuencia los excedentes de alimentos, las epidemias estimularon la investigación para erradicar sus causas, etc. Pero hoy la situación es fatalmente otra: aprender a palos en la era atómica encierra el riesgo de unas consecuencias irreversibles.

Por lo tanto, debemos dar máxima prioridad a un aprendizaje basado en la imaginación creadora, como individuos y como sociedad. ¿Lo lograremos?

El fin del mundo o el paso a una nueva era: un epílogo en forma de preguntas

¿Un mundo paradójico? Estómagos satisfechos en la sociedad de la abundancia, disfrutamos de un bienestar material nunca conocido. Pero en lugar del desarrollo espiritual se extiende la desorientación, síntoma de desarraigo moral y cultural. ¿Podemos hablar de un progreso bienhechor causado por la técnica moderna?

En la búsqueda de un nuevo sentido para la vida, unos se refugian en las drogas y en las sectas religiosas y otros se emborrachan por culpa de unas máquinas cada vez más eficientes. No pocos se resignan y se sumen en la felicidad etílica irreflexiva. Quedan, por último, los que se marginan y los eremitas.

¿Un mundo desigual? Ni capitalistas ni comunistas pueden ocultar que el hombre es hoy mayor que nunca y que la sima entre pobres y ricos se ensancha en lugar de estrecharse. No faltan intentos de remedio, llámense rojo, verde o "revolución cultural". Pero la tensión Norte-Sur no ha modificado nada fundamental en la práctica. De manera menos llamativa, aunque con más éxito y en otro sentido, se desarrolla en la actualidad la revolución de la información: apenas desembarazados del yugo del colonialismo, los países del Tercer Mundo (y numerosos países industriales) caen en una nueva dependencia, impuesta por la hegemonía informativa de Occidente, y sobre todo de Estados Unidos y de unas cuantas empresas multinacionales. ¿Será el *american way of life* la "cultura" universal del siglo XXI?

¿Un mundo absurdo? Políticos del Este y del Oeste se aferran al equilibrio del terror atómico como garante de la paz. Pero el pueblo está lleno de angustia, consciente e inconsciente. Angustia ante un final violento de nuestra civilización, que descansa en unos cimientos construidos con bombas inteligentes. A pesar de los acuerdos

SALT y del movimiento por la paz, la carrera de armamentos continúa. «Me parece», escribe Max Born, «que el intento de la Naturaleza de crear en la Tierra un ser pensante ha fracasado.»

¿Qué tiene que ver esto con la microelectrónica? En mi opinión, mucho. Intentaré añadir en lo que sigue, a tenor de las secciones de este libro, unas observaciones personales acerca de algunos problemas que plantean los ordenadores, los robots y los nuevos medios de comunicación.

La microelectrónica aumenta el peligro de guerra

Empecemos por la industria bélica, en "neolengua" industria de la defensa (cuando se construyeron los primeros ordenadores, el ministerio de Defensa de Estados Unidos se llamaba todavía ministerio de la Guerra). A ella le "debemos" casi toda la tecnología avanzada actual, en la cual destacan la técnica atómica, la de cohetes y satélites y también la de ordenadores y comunicaciones. Que nadie piense que los satélites se han desarrollado para que todo el mundo pueda seguir en directo un discurso del presidente de Estados Unidos, o que los ordenadores se han construido para que los directores de empresa puedan automatizar las nóminas. No: el primer ordenador de válvulas inglés, COLOSSUS I, se construyó para que ayudase a descifrar el código secreto del ejército alemán. La máquina ENIAC (veáse pág. 44) sirvió sobre todo para calcular las trayectorias de bombas y cohetes. Los satélites, incluso ahora, se utilizan casi exclusivamente para fines militares.

Con este panorama, lo que hemos visto en este libro son subproductos de una investigación que en esencia se halla al servicio de los militares: «Estamos sentados como perros bajo la mesa en que se hartan de comer los amos económicos y militares, y nos alegramos cuando nos tiran un hueso» (J. Weizenbaum). Quien opine que la utilización civil de la microelectrónica aporta un progreso claro a la Humanidad podría argumentar que el desarrollo logrado sigue teniendo sentido. Considero falsas tales ideas. En primer lugar, los ordenadores no resuelven problemas humanos (requisito del verdadero progreso), y en segundo término existe el peligro, causado por los microordenadores, de que la tesis del equilibrio del terror sea ilusoria.

Supongamos que el pretendido equilibrio nuclear entre Estados Unidos y la URSS haya contribuido hasta ahora al mantenimiento de la coexistencia, evitando por consiguiente un conflicto mundial. Si ahora se desplaza ese equilibrio hacia una de las partes como

consecuencia de ulteriores desarrollos técnicos, sería inevitable que aumentase el peligro de guerra mundial.

Éste parece ser el caso del tiempo en que vivimos. Pasemos a explicar los hechos expuestos en un análisis de Frank Barnaby, antiguo director del Instituto Internacional de Investigación para la Paz, de Estocolmo: la puntería de los cohetes balísticos intercontinentales soviéticos y norteamericanos (ICBM = *Intercontinental Ballistic Missiles*) se incrementa constantemente por la mejora del ordenador que gobierna el sistema de guía. Consecuencia: los ICBMs con guía de precisión pueden destruir los ICBMs enemigos incluso en sus silos subterráneos. Según Barnaby, cuando todas las cabezas de combate nucleares posean suficiente puntería para amenazar objetivos protegidos por grandes blindajes, habrá muerto definitivamente la política de disuasión nuclear. Aunque no se ha contado con el factor de los submarinos atómicos, si una de las partes pudiera limitar los daños que esos submarinos son capaces de infligir, sería grande la tentación de descargar un primer golpe decisivo (véase también la pág. 192).

Angustia ante la ciencia

De estas consideraciones resulta, entre otras, una afirmación significativa en relación con el tema que nos ocupa: si hubiera de decidirse un primer golpe atómico, lo más probable es que los estrategas responsables de asestarlo partirían de la hipótesis de que poseen una técnica microelectrónica superior, que también estará en juego, de forma fatal, si se llegase a un desastre nuclear a consecuencia de un "error de ordenador".

En gran medida, pues, nuestro futuro está en manos de aquellos científicos y técnicos que perfeccionan la microelectrónica. Aquí surge la pregunta inmediata de qué responsabilidad les cabe a estas personas.

La angustia que se experimenta ante una guerra de aniquilación total me parece que es una de las raíces de la crisis de sentido vital que padecemos. Si se persigue esta angustia hasta sus fuentes, se puede llegar, como tituló un artículo Joseph Weizenbaum, a la «Angustia ante la ciencia».

Con todo el peligro que puedan entrañar las generalizaciones, me temo que la angustia ante la ciencia prepondera con razón sobre la confianza hacia ella. La animosidad hacia el saber científico y la crítica de la técnica están ahora de moda. Es frecuente, eso sí, que estas actitudes sean exageradas, y lo cierto es que a menudo se



Fig. 81. Joseph Weizenbaum.

exteriorizan fuera de contexto. Pero no por eso deben ser rechazadas sin más, y conviene tener bien presente que el investigador desinteresado no es más que una excepción. Con todo, muchas veces no podrá prever adónde conduce su trabajo (¿sabía Einstein en 1920 que sus descubrimientos conducirían a Hiroshima?). Aun cuando son difíciles de prever las consecuencias de un desarrollo, me parece que muchos científicos no se interesan en absoluto por estas cuestiones (o esperan a que las consecuencias sean irreversibles). Si otrora esto quizá no era muy importante, teniendo en cuenta la posibilidad –adquirida gracias a la ciencia– de un suicidio colectivo de la raza humana, la problemática no puede dejar de discutirse. Y no ya con la reserva de que los profanos (y los periodistas) no entienden nada de ciencia: «Mientras se considere que el profano carece de formación suficiente para experimentar un sentimiento de angustia ante la ciencia, tampoco deberá exigírsele una confianza ciega en ella.»

De todos modos, sería erróneo cargar a la ciencia todas las culpas. ¿Qué puede hacer el experto en bancos de datos si los políticos obsesionados por el poder utilizan su técnica para controlar mejor

al ciudadano? ¿Qué hará el físico que pretende propiciar un empleo provechoso del láser en la medicina si los estrategas militares aprovechan sus desarrollos para dar forma a nuevos sistemas de armas? A pesar de todo, el 40 % (en números redondos) de los científicos ocupados en la investigación trabajan para la industria militar, y son muchos los que ignoran el fin último de sus tareas. Razón de sobra para desconfiar.

Otra causa de la crisis de sentido vital de nuestro tiempo ha sido expuesta ya en la página 115: la explosión actual de la información nos depara noticias en una cantidad tal que el individuo no las puede asimilar. Tampoco se tiene una escala que ayude a discriminar la información importante para el futuro de entre un sinfín de datos disponibles. Más difícil es distinguir entre los hechos ciertos y las opiniones producto de la desinformación. Una inaudita mezcolanza de afirmaciones contradictorias ha hecho que aumente la desorientación.

Cuando la mayor parte de los ciudadanos creían en Dios (subrayo que hoy en día este hecho se da cada vez menos en Europa Central), la Biblia era la guía, familias enteras buscaban la salvación y las tradiciones servían de apoyo. Del antiguo lema benedictino *ora et labora* (reza y trabaja), el primer término se ha olvidado en gran parte y la realización vital mediante el trabajo será pronto ilusoria.

Con esta tendencia ante los ojos, si leemos lo que escribió Nietzsche, hará pronto cien años, sobre la propagación del nihilismo sólo podremos admirar al "espíritu de pájaro agorero": «Toda nuestra cultura europea se mueve... como abocada a una catástrofe: inquieta, violenta, precipitada; similar a una corriente que busca su fin, que ya no reflexiona, que tiene miedo de reflexionar.» El nihilismo significa para Nietzsche que "los valores se desvalorizan. Falta el objetivo, falta la respuesta al porqué"

Creo que ésa es una descripción certera de nuestra situación actual.

¿Resuelven los ordenadores los problemas humanos?

A pesar de todo, los directores publicitarios, los técnicos y los optimistas inveterados anuncian que los ordenadores y otros aparatos se han desarrollado para ayudarnos a resolver nuestros problemas. ¿Qué problemas? Aun con el concurso de ordenadores, robots y nuevos medios de comunicación, la pobreza avanza. Es cierto que los médicos han erradicado la mortalidad infantil y han convertido

en curables muchas enfermedades agudas, pero al mismo tiempo que se cosechaban estos éxitos se creaban nuevos problemas. En ciertas partes del mundo, la superpoblación agudiza la pobreza. Aumenta el número de divorcios, de suicidios y de enfermedades mentales. ¿Puede alguien sostener con seriedad que los ordenadores ayudan a resolver problemas de esta categoría?

No afirmo que la técnica no sea de ningún provecho. Tampoco soy partidario de abolirla. Pues si bien su aplicación no ayuda a resolver nuestros problemas, renunciar a ella ayudaría menos aún. La técnica sirve para producir bienes de todas clases (incluida la información), para procesarlos y para distribuirlos. Nos ha traído un bienestar enorme y es el punto de partida de insospechadas posibilidades de desarrollo. Pero muchas veces no la hemos usado bien, con mesura. En lugar de ello, nos hemos dejado transportar a una especie de borrachera. La relación con el automóvil, comparable a una idolatría y símbolo de la revolución industrial de otrora, cede el paso a una veneración similar hacia el ordenador, símbolo de la revolución microelectrónica.

¿Es el hombre dueño de la técnica?

Lo es, afirman unos, pues siempre es el hombre quien hace arrancar un automóvil o programa un ordenador. La técnica está sujeta incondicionalmente a su voluntad.

Por bien que suene, me temo que es una consideración superficial y hasta errónea. El hombre conecta y desconecta el ordenador, de acuerdo. Pero para que el ordenador funcione, el ser humano debe someterse a las leyes de aquél: tiene que hablar un lenguaje inteligible por la máquina, restringir sus deseos a los que puedan codificarse, reducir un problema a aquellos aspectos parciales que el programa "domine". En suma: es la adaptación del hombre a un mundo artificial determinado por las características de los ordenadores. Cuando estos últimos fallan en la educación, cambiamos incluso el sistema pedagógico para que las máquinas se hagan cargo de la enseñanza.

En otras palabras: el hombre se programa en el sistema ordenador, y no el ordenador en el sistema hombre. Por lo tanto me temo que, en esta naciente y evolutiva era de la información, no sólo la técnica y la producción, sino la propia vida social, se irán sometiendo en forma de reflejos condicionados a la dinámica propia de la ciencia informática.



Fig. 82. El ordenador, ¿aprendiz de brujo?

Hasta ahora me he referido al ordenador, a los robots y a los nuevos medios de comunicación como hijos de la técnica moderna, y ello porque consideraba fundamentales esos problemas en la relación del hombre con la tecnología. Pero en adelante quisiera distinguir. En primer lugar, parece lícito resumir una vez más los problemas que se plantean en relación con las aplicaciones de la microelectrónica en el estado actual de la técnica comercializada. A continuación, se nos antoja necesario echar una ojeada al futuro y preguntarnos qué podrían ofrecer los ordenadores del mañana.

La microelectrónica crea y destruye puestos de trabajo. Mi criterio personal es que el efecto de ahorro de trabajo será el preponderante. En tal caso, o habrá cada vez más parados o los hombres tra-

bajarán menos horas... o ambas cosas. En cualquier caso, los más afectados serán aquellos que no son capaces, o no están dispuestos, a adaptarse a un aprendizaje permanente.

La enorme dimensión de la ocupación de tiempo con sistemas de pura técnica y el simultáneo abandono de las tareas humanas y sociales conduce al aislamiento y a la desorientación. La técnica del almacenamiento y del procesamiento de la información desemboca en una amenaza contra la intimidad. El poder del Estado crece a costa de la autonomía del individuo. Las leyes de confidencialidad de los datos, que se limitan al reconocimiento de los derechos individuales, no son adecuadas para lidiar con esa aberración del poder informativo. Por otra parte, la desigual distribución de los recursos internacionales favorece el establecimiento de nuevas estructuras de poder con tendencias cuasi-colonialistas.

Por último, el perfeccionamiento de la microelectrónica en el marco del complejo militar-industrial eleva el riesgo de una guerra mundial nuclear.

Aun cuando algunas de estas tesis fueran tenidas por desacertadas, cada uno de los problemas mencionados es bastante difícil de resolver. Además parece que el perfeccionamiento de la técnica de los ordenadores permite vislumbrar otros aspectos nuevos.

Ordenador, cerebro y pensamiento

Los "filósofos" de la era de la información, los cibernéticos, creen poder explicar los procesos mentales por las estructuras informáticas. En este sentido, Martin Heidegger opinaba que no hacía falta ser profeta para adivinar que las distintas ciencias podrían ser determinadas y gobernadas por esa nueva ciencia fundamental que se llama cibernética.

Ya en 1958 escribían Herbert A. Simon y Alan Newell, investigadores norteamericanos de primera línea en el campo de la inteligencia artificial, que había máquinas en el mundo capaces de pensar, aprender e intervenir en la creación. Afirmaban además que su capacidad en estos campos estaba aumentando hasta que en un momento previsible el abanico de problemas que podrían tratar se solapara con aquellos reservados hasta ahora al pensamiento humano. Viktor Mijailovich Gluschkov, director del instituto de cibernética de Kiev y premio Lenin, lo formula con la misma claridad: «No existe en la práctica ningún límite a la aplicación de medios de automatización en las actividades mentales del hombre.» Con el traspaso completo del intelecto humano al ordenador, dice el científico soviético, se transferirían también emociones, sentimientos, deseos, e incluso conciencia de sí mismo y hasta el propio Yo. Mientras los hombres seguirían siendo mortales, los "Yo, ordenador" implantados en las máquinas podrían alcanzar casi la eternidad.

Para no dejar ningún resquicio al malentendido, hay que hacer saber que los autores de las citas anteriores no son en absoluto escritores de ciencia-ficción, sino investigadores serios.

Considero que estos propósitos de desarrollo y el hecho de que se mantengan son característicos de la demencia de nuestro tiempo. Por otra parte, se han investigado y se siguen investigando en la actualidad las diferencias básicas entre la mente y el ordenador. Aunque los procesos mentales se pueden imitar en las máquinas, no está claro si en esa comparación estamos refiriéndonos al cerebro o al pensamiento. Cuando es éste lo que cuenta, las comparaciones entre cerebro y ordenador carecen de sentido, puesto que suponen de hecho el pensamiento. Este último «se fundamenta en sí mismo y sólo puede reducirse a sí mismo. La comparación con un ordenador es irreal desde este punto de vista, y no puede realizarse» (B.I. Gut).

Con otros argumentos, los matemáticos llegan a conclusiones parecidas. Se refieren a la facultad de percepción de sí mismo. Supongamos que un ordenador poseyera dicha facultad. No sólo contemplaría su forma de ejecutar las operaciones elementales, sino que comprobaría también los resultados, y a continuación las modificaciones introducidas por éstos en la memoria. Autoobservarse implica supervisar en todo momento tales modificaciones. El ordenador tomaría muestras de las modificaciones de un registro de la estructura de datos y las almacenaría en el nivel siguiente. Las muestras recién depositadas deberían ser supervisadas en un nivel inmediatamente superior, etc. «Esto huele sospechosamente a una regresión indefinida: una jerarquía interminable de estructuras, cuyas variaciones en un nivel se supervisan en el nivel inmediato superior» (Douglas R. Hofstadter.)

Otro aspecto de esta discusión es el referente al clásico problema de la parada, planteado por la teoría de la calculabilidad: ¿Puede haber un programa de ordenador capaz de comprobar otros programas antes de su ejecución y de determinar con fiabilidad si incurreh o no en situaciones cíclicas que les impiden detenerse? Los matemáticos Kurt Gödel y Alan Turing proporcionaron una demostración de que no es posible. Por lo tanto, parece que la percepción de sí mismo es una propiedad singular de la conciencia humana.

«Conócete a tí mismo», ponía en la entrada del templo de Apolo en Delfos. ¿Nos sentimos todavía aludidos por ese lema en una época que nos exige pruebas materiales de todo y para todo? Citando una frase del físico inglés Sir Arthur Eddington: «Hemos descubierto una huella singular en la orilla de lo desconocido. Hemos ideado profundas teorías, una tras otra, para explicar su origen. Por fin, hemos logrado reconstruir el ser de quien procede la huella. Y ha resultado ser la nuestra.»

Una mirada hacia el futuro

Puedo imaginarme que muchos lectores, tras las consideraciones críticas de las últimas páginas, echen de menos soluciones prácticas para los problemas de nuestro tiempo. A este respecto puedo decir, imitando a Sócrates: sólo sé que no sé nada. Si bien es seguro que la revolución microelectrónica está teniendo lugar aquí y ahora, no está claro a dónde nos lleva. Afirmo que no dominamos en absoluto los problemas que se nos plantean en el umbral de la era de la información.

Sin embargo, algunas conclusiones finales se deducen de los efectos, ahora ya visibles, causados por los ordenadores, los robots y los nuevos medios de comunicación: según mi opinión, las personas deben reflexionar con más profundidad acerca de los distintos aspectos de su existencia individual y colectiva, dando prioridad al desarrollo del hombre ante la floración de ordenadores domésticos y concediendo más importancia al entendimiento entre hombre y hombre que al que se produce entre hombre y máquina. En el sentido del refrán español «tantas lenguas hablas, tantas personas eres», podríamos renunciar sin miedo al ordenador-traductor.

En la era de las telecomunicaciones, estamos llamados además a concebir la Tierra como una unidad. En otras palabras, a desarrollar un sentimiento de responsabilidad global y con él una nueva ética.

Para enfrentarse bien pertrechado al futuro y a las tareas venideras, ante todo hay que reformar en profundidad la educación. Es preciso acentuar el entrenamiento de las facultades intelectuales (correspondientes a las funciones de la mitad izquierda del cerebro) mediante un desarrollo equilibrado del poder intelectivo y creativo, artístico. Hay que incorporar a los programas docentes contenidos esenciales como la ecología, la cibernética, la informática y la formación en medios de comunicación. Tendríamos que fortalecernos y ejercitarnos toda la vida en un aprendizaje anticipador e innovador (véase pág. 270).

Por último, hay que meditar de nuevo sobre los conceptos de trabajo y libertad y reconfigurarlos. El que no haya trabajo para todos (entiéndase, trabajo generador de bienes de consumo) no quiere decir que no haya ocupación para todos. En el campo social también hay mucho que hacer, acaso más que nunca. Temo de todos modos que en la futura sociedad del ocio habrá muchas actividades del tipo de los juegos electrónicos, más atractivas que el servicio social o el despliegue creativo.

Estamos todos ante un abismo que se agranda entre la creciente complejidad del mundo y un desarrollo paulatino de nuestras propias facultades. La manera informativa oculta la posibilidad de una formación amplia; el pensamiento de la máquina reprime la manifestación de una inteligencia fecunda. Si el hombre y la sociedad son demasiado perezosos para llevar a cabo una transformación profunda y planificadora será peor para nuestro futuro. La cosmética de las estructuras, los rodeos precavidos o la vanagloria acrítica no tienen cabida. Se renueva ahora lo que Albert Einstein dijo hace algunos decenios: «Si la Humanidad quiere seguir con vida necesitamos una forma de pensar radicalmente nueva.»

Procedencia de las ilustraciones

Deutsches Museum, Munich: 8, 17, 50, 83, 84, 86, 88, 93, 99, 176
Foto drücke, Ettlingen: 209.
IBM, Armonk, USA: 42.
Lenk, Klaus, Oldenburg: 254.
McGraw-Hill Publications Co., Nueva York: 51.
Peterson, Bob (Camera Press), Londres: 177.
Philips, Hamburgo: 183.
Reinders, Renke, Bremen: 269.
Rosner, Stuart (Picture Group), Providence, USA: 268.
Strasser, Claudia, Viena: 63.
Twentieth Century Fox: XXIII.
Ullstein Bilderdienst, Berlín: 238.
vgs, Colonia: 264.
Weizenbaum, Joseph, USA: 276.
Zillmann, Hans (Foto)/DIE ZEIT, Hamburgo (montaje): 144.

BIBLIOTECA CIENTÍFICA SALVAT

Primeros títulos

1. **El universo desbocado.** *Del big bang a la catástrofe final.* Paul Davies
2. **Gorilas en la niebla.** *Trece años viviendo entre gorilas.* Dian Fossey
3. **Dormir y soñar.** *La mitad nocturna de nuestras vidas.* Dieter E. Zimmer
4. **Superfuerza.** Paul Davies
5. **Las raíces de la vida.** *Genes, células y evolución.* M. Hoagland.
6. **Microelectrónica.** *Las computadoras y las nuevas tecnologías.* Stefan M. Gergely
7. **El telar mágico.** *El cerebro humano y la computadora.* Robert Jastrow
8. **De los átomos a los quarks.** James S. Trefil
9. **El gen egoista.** *Las bases biológicas de nuestra conducta.* Richard Dawkins

MICROELECTRONICA

Las computadoras y las nuevas tecnologías

S. GERGELY

Las visiones de George Orwell podrían convertirse hoy, más de 30 años después de la publicación de su novela futurista 1984, en una realidad implacable. En casi todos los ámbitos de la vida puede observarse la influencia de la microelectrónica: desde la lavadora automática hasta la tomografía computarizada para el diagnóstico precoz del cáncer, pasando por las fábricas automatizadas, los satélites "asesinos", las bibliotecas electrónicas, etc.

Stefan M. Gergely, nacido en Viena en 1950, asesor de la Cámara Federal de Comercio, colaborador en proyectos de investigación sobre bancos de datos y nuevos sistemas de información del Ministerio Federal Austríaco de Ciencia e Investigación y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, ha escrito un libro, con ocasión de la proclamación por las Naciones Unidas del año internacional de las comunicaciones, de fácil comprensión en torno a la actual discusión sobre la introducción de nuevos medios y los peligros de supresión de la fuerza de trabajo humana por medio de ordenadores y robots.

En el libro Microelectrónica el autor nos informa, de manera pormenorizada, sobre las bases de las técnicas de ordenadores, de la información y de las comunicaciones, así como sobre las múltiples posibilidades de aplicación de la electrónica.

6

MICROELECTRONICA - S. Gergely

SALVAT

S. GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

MICROELECTRONICA

Las computadoras y las nuevas tecnologías

S. GERGELY

Las visiones de George Orwell podrían convertirse hoy, más de 30 años después de la publicación de su novela futurista 1984, en una realidad implacable. En casi todos los ámbitos de la vida puede observarse la influencia de la microelectrónica: desde la lavadora automática hasta la tomografía computarizada para el diagnóstico precoz del cáncer, pasando por las fábricas automatizadas, los satélites "asesinos", las bibliotecas electrónicas, etc.

Stefan M. Gergely, nacido en Viena en 1950, asesor de la Cámara Federal de Comercio, colaborador en proyectos de investigación sobre bancos de datos y nuevos sistemas de información del Ministerio Federal Austríaco de Ciencia e Investigación y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, ha escrito un libro, con ocasión de la proclamación por las Naciones Unidas del año internacional de las comunicaciones, de fácil comprensión en torno a la actual discusión sobre la introducción de nuevos medios y los peligros de supresión de la fuerza de trabajo humana por medio de ordenadores y robots.

En el libro Microelectrónica el autor nos informa, de manera pormenorizada, sobre las bases de las técnicas de ordenadores, de la información y de las comunicaciones, así como sobre las múltiples posibilidades de aplicación de la electrónica.

6

MICROELECTRONICA - S. Gergely

SALVAT

S. GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

MICROELECTRONICA

Las computadoras y las nuevas tecnologías

S. GERGELY

Las visiones de George Orwell podrían convertirse hoy, más de 30 años después de la publicación de su novela futurista 1984, en una realidad implacable. En casi todos los ámbitos de la vida puede observarse la influencia de la microelectrónica: desde la lavadora automática hasta la tomografía computarizada para el diagnóstico precoz del cáncer, pasando por las fábricas automatizadas, los satélites "asesinos", las bibliotecas electrónicas, etc.

Stefan M. Gergely, nacido en Viena en 1950, asesor de la Cámara Federal de Comercio, colaborador en proyectos de investigación sobre bancos de datos y nuevos sistemas de información del Ministerio Federal Austríaco de Ciencia e Investigación y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, ha escrito un libro, con ocasión de la proclamación por las Naciones Unidas del año internacional de las comunicaciones, de fácil comprensión en torno a la actual discusión sobre la introducción de nuevos medios y los peligros de supresión de la fuerza de trabajo humana por medio de ordenadores y robots.

En el libro Microelectrónica el autor nos informa, de manera pormenorizada, sobre las bases de las técnicas de ordenadores, de la información y de las comunicaciones, así como sobre las múltiples posibilidades de aplicación de la electrónica.

6

MICROELECTRONICA - S. Gergely

SALVAT

S. GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

MICROELECTRONICA

Las computadoras y las nuevas tecnologías

S.GERGELY

Las visiones de George Orwell podrían convertirse hoy, más de 30 años después de la publicación de su novela futurista 1984, en una realidad implacable. En casi todos los ámbitos de la vida puede observarse la influencia de la microelectrónica: desde la lavadora automática hasta la tomografía computarizada para el diagnóstico precoz del cáncer, pasando por las fábricas automatizadas, los satélites "asesinos", las bibliotecas electrónicas, etc.

Stefan M. Gergely, nacido en Viena en 1950, asesor de la Cámara Federal de Comercio, colaborador en proyectos de investigación sobre bancos de datos y nuevos sistemas de información del Ministerio Federal Austríaco de Ciencia e Investigación y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, ha escrito un libro, con ocasión de la proclamación por las Naciones Unidas del año internacional de las comunicaciones, de fácil comprensión en torno a la actual discusión sobre la introducción de nuevos medios y los peligros de supresión de la fuerza de trabajo humana por medio de ordenadores y robots.

En el libro Microelectrónica el autor nos informa, de manera pormenorizada, sobre las bases de las técnicas de ordenadores, de la información y de las comunicaciones, así como sobre las múltiples posibilidades de aplicación de la electrónica.

6

MICROELECTRONICA - S. Gergely

SALVAT

S.GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT

MICROELECTRONICA
Las computadoras y las nuevas tecnologías
S. GERGELY

Las visiones de George Orwell podrían convertirse hoy, más de 30 años después de la publicación de su novela futurista 1984, en una realidad implacable. En casi todos los ámbitos de la vida puede observarse la influencia de la microelectrónica: desde la lavadora automática hasta la tomografía computarizada para el diagnóstico precoz del cáncer, pasando por las fábricas automatizadas, los satélites "asesinos", las bibliotecas electrónicas, etc.

Stefan M. Gergely, nacido en Viena en 1950, asesor de la Cámara Federal de Comercio, colaborador en proyectos de investigación sobre bancos de datos y nuevos sistemas de información del Ministerio Federal Austríaco de Ciencia e Investigación y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología, ha escrito un libro, con ocasión de la proclamación por las Naciones Unidas del año internacional de las comunicaciones, de fácil comprensión en torno a la actual discusión sobre la introducción de nuevos medios y los peligros de supresión de la fuerza de trabajo humana por medio de ordenadores y robots.

En el libro Microelectrónica el autor nos informa, de manera pormenorizada, sobre las bases de las técnicas de ordenadores, de la información y de las comunicaciones, así como sobre las múltiples posibilidades de aplicación de la electrónica.

6

MICROELECTRONICA - S. Gergely

SALVAT

S. GERGELY

MICRO-ELECTRONICA

BIBLIOTECA CIENTIFICA SALVAT